**ANALISA EFEKTIVITAS PROSES SINTER PLANT DENGAN PENDEKATAN *LEAN MANUFACTURING***

**Herudi1, Fathurohman2, Supriyadi3**

*2Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan Karawang*

*Jalan Ronggo Waluyo Sirnabaya, Puseurjaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat 41361*

*3Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya*

*Jl. Raya Cilegon Km. 5, Kec. Taktakan, Kota Serang, Banten 42162*

 *herudiw37@gmail.com**,* *fathurohman@ubpkarawang.ac.id**,* *supriyadi@unsera.ac.id*

**ABSTRACT**

*Plant sintering division is a company that produces sintered ore as the primary raw material for making hot metal. In the production process, the plant sintered division is still wasteful so that the production process becomes ineffective. This study aims to identify the waste that occurs in the sintered ore process and provide recommendations for improvement to reduce the waste that occurs. This study uses the concept of lean manufacturing with Value Stream Analysis Tools based on a questionnaire given to four supervisors and Root Couse Analysis. Based on the results of the study found that waste (waste) is the most dominant and affects the process of mixing material that is over process (60%) and motion (40%). Improvement in over process is made by replacing the mixing facility with a conveyor belt in the process of mixing the material able to increase the effectiveness of the process. This change also has an impact on the loss of motion processes and affects expanding the value of the process cycle efficiency. Lean manufacturing continuously will eliminate the waste that occurs in the production process that has an impact on improving the company's operational performance.*

***Keywords:*** *Lean Manufacturing, Process Cycle Efficiency, Value Stream Analysis Tools, Waste*

**ABSTRAK**

*Divisi sinter plant adalah perusahaan yang memproduksi sinter ore sebagai bahan baku utama pembuatan hot metal. Dalam proses produksinya divisi sinter plant masih terdapat pemborosan sehingga proses produksi menjadi tidak efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan yang terjadi dalam proses sinter ore dan memberikan rekomendasi perbaikan mengurangi pemborosan yang terjadi. Penelitian ini menggunakan konsep lean manufacturing dengan menggunakan Value Stream Analysis Tools* *berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada empat supervisor dan Root Couse Analysis. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan pemborosan (waste) yang paling dominan dan mempengaruhi proses pencampuran material yaitu over process (60 %) dan motion (40 %). Perbaikan dalam over process dilakukan dengan cara mengganti fasilitas mixing dengan belt conveyor pada proses pencampuran material mampu meningkatkan efektivitas proses. Pergantian ini juga berdampak pada hilangnya proses motion dan berdampak pada peningkatan nilai process cycle efficiency. Penerapan lean manufacturing secara terus akan menghilangkan pemborosan yang terjadi pada proses produksi yang berdampak pada peningkatan kinerja operasional prusahaan.*

**Kata Kunci:** *Lean Manufacturing, Process Cycle Efficiency, Value Stream Analysis Tools, Waste*

1. **PENDAHULUAN**

Sistem produksi yang baik adalah sistem yang mampu berjalan dengan efektif dan efisien. Banyak faktor yang menyebabkan sistem produksi tidak berjalan dengan lancar diantaranya adalah dengan terjadinya *waste* pada aliran proses. *Waste* ini berdampak pada pemakaian sumber daya yang tidak efisien (Jannah and Siswanti 2017; Ravizar and Rosihin 2018; Ristyowati, Muhsin, and Nurani 2017), biaya produksi yang tinggi (Azwir and Setyanto 2017), produk tidak sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Permasalahan ini jika tidak dapat tertangani dengan baik dalam jangka panjang akan berdampak pada tingkat kompetitif suatu perusahaaan.

Salah satu metode yang biasa digunakan dalam meminimalkan *waste* yang terjadi dalam proses produksi adalah *lean manufacturing*. *Lean manufacturing* dirancang untuk suatu proses dengan memanfaatkan sumber daya secara efektif dan efisien (Devi, Arunachalam, and Gunasekaran 2018) dan akan menghilangkan kesalahan yang terus menerus terjadi karena merupakan salah satu pemborosan proses (Zakaria et al. 2017). Metode ini mempunyai mempunyai konsep menghilangkan aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah, meningkatkan produktivitas, mempersingkat waktu tunggu, meningkatkan kualitas sehingga mampu mengurangi biaya proses secara keseluruhan (Ghosh 2012; Panwar et al. 2015). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di 200 perusahaan UKM, *lean* bermanfaat dalam mengurangi *waste* yang ada, penghematan biaya, peningkatan operasi produksi maupun pengoptimalan kebutuhan tenaga kerja (Womack and Jones 1997; Zhou 2016). Implementasi *lean manufacturing* juga dapat meningkatkan kinerja operasional suatu perusahaan (Godinho Filho, Ganga, and Gunasekaran 2016).

*Sinter Plant* adalah perusahaan yang mempunyai fungsi untuk memproduksi *sinter ore*. Proses produksi *sinter ore* meliputi beberapa fasilitas yaitu *proportioning, mixing, granulating, sinter machine* dan *screening,* Namun dalam pembuatan produk tersebut tidak dapat menghindari munculnya *waste*. Berdasarkan wawancara dengan supervisor produksi, diidentifikasi masih terjadinya *waste* pada proses produksi *sinter ore*. *Waste* yang ada secara berdampak pada kerugian perusahaan dari sisi proses produksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya *waste* pada proses produksi *sinter ore* dengan pendekatan *lean manufacturing*. Hasil rekomendasi perbaikan diharapkan mampu mengefektifkan proses produksi yang ada sehingga mampu mengurangi biaya produksi.

1. **TINJAUAN PUSTAKA**

*Lean manufacturing* adalah metode sistematis untuk menghilangkan *waste* dalam suatu proses manufaktur (Shah and Ward 2003), sebagai pendekatan multi-dimensi yang mencakup berbagai praktik manajemen secara terintegrasi (Dhiravidamani et al. 2018). *Lean manufacturing* berfokus pada menghilangkan semua jenis *waste* dalam sistem produksi. Mayoritas studi *lean* mengidentifikasi tujuh jenis *waste* yaitu, *overproduction, waiting, transport, inappropriate processing, unnecessary inventory, unnecessary motion* dan *defects*. Inti dari *lean production* adalah yang memproduksi produk akhir sesuai dengan permintaan pelanggan dengan sedikit atau tanpa pemborosan. Sebagian *overproduction* yaitu memproduksi lebih banyak, atau lebih cepat daripada yang dibutuhkan oleh proses berikutnya, dimana tingkat produksi tidak cukup (Rother and Shook 2003). *Overproduction* berarti bahwa sumber daya terikat dalam *stock* daripada secara langsung dikhususkan untuk produksi. Persediaan *buffer* merupakan tingkat *stock* tambahan, dikelola untuk mengurangi kekurangan, seringkali mahal untuk disimpan dan ditangani, menghambat perpindahan dari satu produk ke produk lainnya dan menyembunyikan kesalahan produksi.

Salah satu karakteristik sistem *lean manufacturing* adalah memproduksi produk yang dibutuhkan pelanggan pada waktu yang tepat, jumlah yang tepat, dan tempat yang tepat. *Lean manufacturing* bertujuan mengeliminasi limbah melalui pengurangan kegiatan-kegiatan yang tidak bernilai tambah dan perbaikan yang berkelanjutan untuk peningkatan kinerja dan keunggulan kompetitif (Radnor 2011). Ketika diterapkan secara tepat dalam industri manufaktur, *lean* dapat membantu menghilangkan limbah, meningkatkan kualitas produk, mencapai kontrol operasi yang lebih baik sehingga mampu mengurangi biaya dan waktu produksi. Inti dari *lean manufacturing* adalah yang memproduksi produk akhir sesuai dengan permintaan pelanggan dengan sedikit atau tanpa pemborosan.

*Lean* mempunyai filosofi sebagai sistem manajemen produksi untuk mengurangi *waste* dengan membedakan antara *value added* dan *non value added*, fokus pada aliran, peningkatan kualitas dan perbaikan berkelanjutan. Dengan *lean*, perusahaan dapat dengan mudah merespons variasi, kualitas, biaya tinggi, dengan waktu siklus yang lebih sedikit (Seth, Seth, and Dhariwal 2017). Salah satu tools yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi *value added* dan *non value added* adalah dengan menggunakan *Value Mapping Stream* (VSM). VSM adalah alat visualisasi dan pemahaman tentang aliran materi dan informasi melalui rantai nilai. Ini digunakan untuk memberikan visi global tentang kegiatan yang terlibat dalam proses produksi, dan memungkinkan identifikasi sumber *waste*. Oleh karena itu, biaya produksi yang lebih rendah, waktu respons yang lebih cepat kepada pelanggan, dan kualitas produk yang lebih tinggi merupakan *output* yang dapat diharapkan ketika menerapkan VSM pada proses produksi (Rother and Shook 2003; Womack and Jones 1997). VSM terdiri dari dua jenis visual yang dapat membantu untuk melakukan perbaikan, yaitu *Current State Map* (CSM) yang merupakan konfigurasi *value stream* menggunakan ikon dan terminologi untuk mengidentifikasi *waste* dan area untuk perbaikan, dan *Future State Map* (FSM) sebagai cetak biru untuk transformasi *lean* di masa depan setelah identifikasi dan eliminasi pemborosan yang terjadi.

1. **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses produksi *sinter ore*. Proses pengumpulan data dilakukan dengan mengamati langsung aktivitas yang terjadi di proses produksi berupa data waktu dan aktivitas kerja serta berasal dari data sekunder berupa aliran material proses produksi dan *waste* *workshop*. *Waste workshop* dilakukan dengan cara penyebaran kuesioner pada sejumlah koresponden yang bekerja di dinas *Sinter Plant* dalam upaya mengidentifikasi dan menjabarkan pemborosan yang terdapat pada lini produksi *sinter ore.*

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu membuat BPM (*Big Picture Mapping*), melakukan perhitungan *waste workshop,* mengidentifikasi *waste* dengan VALSAT (*Value Stream Analysis Tools*), menganalisis *waste* dengan *tool* terpilih, analisis akar penyebab masalah dengan *5-* *why’s analysis,* dan membuat rancangan perbaikannya.VALSAT sebagai *tools* yang akan digunakan untuk menganalisis *waste* yang terjadi pada proses pencampuran material pada divisi *Sinter Plant*. Konsep VALSAT digunakan dalam pemilihan alat pemetaan terperinci dengan mengalikan bobot limbah dari WAQ (*Waste Assessment Questionnaire*) dengan skala yang ditunjukkan dalam Tabel VALSAT (Tabel 1) (Hines and Rich 1997). Alat yang digunakan untuk pemetaan analisis *waste* dalam VALSAT yaitu *Process Activity Mapping* (PAM), *Supply Chain Response Matrix* (SCRM), *Production Variety Funnel* (PVF), *Quality Filter Mapping* (QFM), *Demand Amplification Mapping (*DAM), *Decision Point Analysis* (DPA) dan *Physical Structure* (PS). *Root cause analysis* digunakan untuk mengelompokkan penyebab-penyebab yang mungkin timbul dari suatu efek spesifik dan kemudian memisahkan akar penyebabnya. Pada penelitian ini menggunakan metode *5-whys analysis* dalam menemukan akar masalahnya karena dianggap paling sesuai dengan permasalahan di perusahaan.

**Tabel 1.** Tujuh Alat Pemetaan Aliran

|  |  |
| --- | --- |
| **Wastes/structure** | ***Mapping tool*** |
| ***Process Activity Mapping*** | ***Supply Chain Response Matrix*** | ***Production Variety Funnel*** | ***Quality Filter Mapping*** | ***Demand Amplification Mapping***  | ***Decision Point Analysis*** | ***Physical Structure*** |
| ***Overproduction***  | L | M |  | L | M | M |  |
| ***Waiting*** | H | H | L |  | M | M |  |
| ***Transport*** | H |  |  |  |  |  | L |
| ***Inappropriate processing*** | H |  | M | L |  | L |  |
| ***Unnecessary inventory*** | M | H | M |  | H | M | L |
| ***Unnecessary motion*** | H | L |  |  |  |  |  |
| ***Defects*** | L | L |  | H |  |  |  |
| ***Overall structure*** | L | L | M | L | H | M | H |

Catatan :

H (*high correlation and usefulness*), faktor pengali = 9

M (*Medium correlation and usefulness*), faktor pengali = 3

L (*Low correlation and usefulness*), faktor pengali = 1

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

*Sinter Plant* adalah *plant* yang mempunyai fungsi untuk memproduksi *sinter ore.* Beberapa bahan baku seperti *blended ore*, *fuel* dan *flux* dicampur lalu setelah itu bahan baku masuk ke proses pembakaran sampai menjadi produk *sinter ore*, kemudian produk didinginkan dan diklasifikasikan sesuai kategori.

Proses pertama pada pabrik *sinter plant* dimulai dari proses penyimpanan bahan baku berupa *blended ore, fuel, flux,* dan limbah proses di area *proportioning bin*. Terdapat 17 *bin* yang terdiri dari 6 *bin blended ore*, 2 *bin fuel*, 5 *bin flux*, dan 4 *bin* limbah proses. Disini terjadi proses awal penentuan komposisi bahan bakudimana keluaran material diatur sesuai dengan *persentase* yang telah ditentukan.Material dibawa ke *mixing drum* dan *granulating drum*.Di *mixing drum* terjadi proses *homogenisasi* yaitu proses pemcampuranmaterial hingga merata. Proses *homogenisasi* ini menggunakan air yang kadar *moisture* tetap dijaga 8-10 % fungsinya untuk mempermudah proses pembakarandi *sinter machine*. Selanjutnya proses pembuatan *sinter cake* dengan cara material dibentuk menjadi butiran-butiran kecil (gumpalan partikel yang berukuran 8-12 mm) di *granulating drum* menggunakan *steam* (uap panas) dengan suhu 30-40 °C.

Material *sinter cake* mengalami proses pembakaran di *sinter machine*. *Sinter cake* yang berada diatas 165 *pallet* mula-mula dibakar oleh *ignition furnace* dengan suhu ± 1200°C kemudian mengalami proses penghisapan dari bawah *pallet* oleh *main exhauster* hingga *sinter cake* menjadi matang (*sinter ore*). Kemudian *sinter ore* dihancurkan di *hot crusher* menjadi ukuran 150 mm dan didinginkan di *rotary coller*.

Tahap terakhir adalah pemisahan ukuran produk *sinter ore* di *screening*. Ukuran < 5 mm dikembalikan ke *proportioning bin* untuk digunakan kembali sebagai bahan baku, ukuran > 5-150 mm dikirim ke *blast furnace plant* digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *hot metal.* Proses produksi ini berjalan *continu* dan seluruh proses *material handling* menggunakan *conveyor*. Secara lengkap proses dalam *sinter plant* digambarkan dalam *Big Picture Mapping* (BPM) yang berisi informasi tentang aliran informasi dan fisik proses produksi *sinter ore* pada *sinter plant* (gambar 1)



**Gambar 1.** *Big Picture Mapping* Kegiatan pada Dinas *Sinter Plant*

Dari *big picture mapping*, dapat diketahui bahwa *lead time* produksi berjumlah 8836 detik (dari awal kedatangan hingga produk keluar siapjual) dan VA (*Value Added*) berjumlah 3946 detik. Sedangkan kegiatan yang merupakan NVA (*Non Value Added*)dan NNVA (*Necessary but Non Value Added*) berjumlah 4890 detik. Berdasarkan data tersebut maka dapat diperoleh nilai *process cycle efficiency* sebesar 44,65 %.

$Process Cycle Efficiency=\frac{Value Added Time}{Total Lead Time}x 100\%=\frac{3946}{8836}x 100\%= 44,65\%$

Berdasarkan pengamatan data awal diperoleh bahwa di *sinter plant* mempunyai 12 *equipment* dengan jarak dan waktu yang berbeda-beda setiap *equipment*nya (tabel 2). Dalam mengidentifikasi *waste* yang ada, dilakukan penyebaran kuesioner yang ditujukan kepada 4 responden yang mengetahui detail dari proses yang terdapat pada divisi *sinter plant*, yaitu *supervisor* group 1 sampai group 4*.* Ketentuan umum dalam pengisian kuesioner adalah skor untuk setiap pemborosan memiliki range 0-5, skor minimum untuk setiap pemborosan adalah 0 dan skor maksimum 5 serta semakin tinggi skor pemborosan maka pemborosan sering terjadi. Dari hasil perhitungan *waste workshop* didapatkan nilai persentase dari proses produksi yaitu *over process waste* sebesar 60 %, *motion waste* sebesar 40 %, *defect product waste* sebesar 0 %, *over production waste* sebesar 0 %, *transportation waste* sebesar 0 %, *inventory* sebesar 0 %, dan *waiting waste* sebesar 0 % (tabel 3).

**Tabel 2.** Data Waktu dan Aktivitas pada *Sinter Plant*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | ***Equipment*** | **Jarak (M)** | **Waktu (s)** |
| 1 | *Proportioning Bin* |   | 38 |
| 2 | *Conveyor H-1* | 166,71 | 104 |
| 3 | *Mixing Drum* |   | 200 |
| 4 | *Conveyor ZL-1* | 38,01 | 24 |
| 5 | *Granulating Drum* |   | 243 |
| 6 | *Conveyor 2Z-1* | 170,06 | 106 |
| 7 | *Sinter Mesin* |   | 3600 |
| 8 | *Rotary Cooler* |   | 4200 |
| 9 | *Conveyor Screening Systeem* | 247,46 | 154 |
| 10 | *Screening* | 1 | 65 |
| 11 | *Conveyor S-102* | 164,7 | 102 |

**Tabel 3.** Rekapitulasi Kuesioner 7 Pemborosan

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Jenis *Waste*** | **Skor Supervisor** | **Total** | **Rata-rata** | **%** | **Rangking** |
| **1** | **2** | **3** | **4** |
| 1 | *Overproduction* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 2 | *Waiting* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 3 | *Transport* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 4 | *Inappropriate processing* | 3 | 3 | 3 | 3 | 12 | 3 | 60 | 1 |
| 5 | *Unnecessary inventory* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 6 | *Unnecessary motion* | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 | 2 | 40 | 2 |
| 7 | *Defects* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |

Berdasarkan hasil kuesioner yang telah didapat lalu disusunlah *matrix* pemilihan *tools* menggunakan VALSAT (*Value Stream Analysis Tools*) sebagai penentu *tools* yang akan digunakan selanjutnya untuk mengidentifikasi *waste* yang terjadi pada proses *Sinter Plant* dengan urutan skor terbesar adalah *process activity mapping* dengan skor total 45 (tabel 4). Pada analisis *process activity mapping*, total waktu *value added* sebesar 3946 detik dengan persentase 44,7 %, total waktu *necesarry but value added* sebesar 4690 detik dengan persentase 53,1 %, dan total waktu *non value added* sebesar 200 detik dengan persentase 2,2 % Sedangkan aktivitas yang termasuk *value added* memiliki persentase sebesar 36,4 %, aktivitas *necesarry but value added* sebesar 54,5 %, dan aktivitas *non value added* sebesar 2,2 % (tabel 5).

**Tabel 4.** Perhitungan VALSAT

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Waste** | ***Skor rata-rata*** | ***Mapping Tool*** |
| ***Process Activity Mapping*** | ***Supply Chain Response Matrix*** | ***Production Variety Funnel*** | ***Quality Filter Mapping*** | ***Demand Amplification Mapping***  | ***Decision Point Analysis*** | ***Physical Structure*** |
| ***Overproduction***  | 0 | L0 | M0 |  | L0 | M0 | M0 |  |
| ***Waiting*** | 0 | H0 | H0 | L0 |  | M0 | M0 |  |
| ***Transport*** | 0 | H0 |  |  |  |  |  | L0 |
| ***Inappropriate processing*** | 3 | H27 |  | M9 | L3 |  | L3 |  |
| ***Unnecessary inventory*** | 0 | M0 | H0 | M0 |  | H0 | M0 | L0 |
| ***Unnecessary motion*** | 2 | H18 | L2 |  |  |  |  |  |
| ***Defects*** | 0 | L0 | L0 |  | H0 |  |  |  |
| **Total**  | **5** | **45** | **2** | **9** | **3** | **0** | **3** | **0** |
| **Peringkat** |  | **1** | **4** | **2** | **3** | **5** | **3** | **5** |

**Tabel 5.** Persentase Kategori Akitivitas Seluruh Kegiatan

| **No** | ***Equipment*** | **Kategori** | **Waktu****(S)** | **Waktu****(%)** | **Kegiatan****(%)** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | *Proportioning Bin* | VA | 3946 | 44,7 | 36,4 |
| 2 | *Granulating Drum* | VA |
| 3 | *Sinter Mesin* | VA |
| 4 | *Screening Systeem* | VA |
| 5 | *Conveyor H-1* | NNVA | 4690 | 53,1 | 54,5 |
| 6 | *Conveyor ZL-1* | NNVA |
| 7 | *Conveyor 2Z-1* | NNVA |
| 8 | *Rotary Cooler* | NNVA |
| 9 | *Conveyor Screening System* | NNVA |
| 10 | *Conveyor S-102* | NNVA |
| 11 | *Mixing Drum* | NVA | 200 | 2,2 | 9,1 |

Analisis akar penyebab permasalahan yang memicu terjadinya *waste* kritis dengan menggunakan *Root Cause Analysis* (RCA). Metode *5-whys analysis* melibatkan beberapa *expert* di perusahaan. *Expert* yang dilibatkan dalam *brainstorming* ini adalah *supervisor* produksi (bertanggung jawab dalam proses produksi), *forman raw material* (bertanggung jawab pada aliran material selama proses produksi), dan *forman sinter facility* (bertanggung jawab pada proses pembakaran di *sinter machine*) dari setiap masing-masing grup. Hasil analisis akar pernyebab permasalahan *waste* kritis ini berdasarkan diskusi dan keadaan aktual yang terjadi pada proses pencampuran material (Tabel 6).

**Tabel 6.** *5-Whys Analysis* Kategori *Waste Over Process*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Waste*** | ***Sub Waste*** | ***Why 1*** | ***Why 2*** | ***Why 3*** | ***Why 4*** | ***Why 5*** |
| *Over Process* | Prosesberlebih pada pencampuran material | Ada dua proses yang sama  | Ada penambahan air | Metode untuk mendapatkan permeabilitas  | Fasilitasnya sama | Desain konstruksi |

*Sub waste* kategori *waste over process* yaitu adanya proses berlebih pada saat pencampuran *material* disebabkan karena desain konstruksi. Kontruksi awal pabrik yang menyiapkan 2 fasilitas untuk proses pencampuran material yaitu *mixing drum* dan *granulating drum*. Prinsip kerja kedua fasilitas ini sama dengan cara memutar drum supaya material yang ada didalam drum teraduk agar komposisinya *homogen*. Karena kedua fasilitas memiliki proses dan cara kerja yang sama maka menyebabkan proses pencampuran material terlalu lama sehingga waktu proses produksi berlebih dan tidak meningkatkan kapasitas produksi.

Berdasarkan analisis masalah yang sudah diketahui penyebabnya melalui 5-whys analysis, maka diusulkan untuk merubah desain konstruksi dengan cara memodifikasi fasilitas *mixing* dan *granulating* drum agar tidak ada proses berlebih pada saat proses pencampuran material. Proses yang terjadi pada *mixing drum* adalah pencampuran material dengan ditambahkan *spray* air 80 % untuk mendapatkan permeabilitas supaya *sinter material* mudah dilalui udara dan tereduksi. Proses yang terjadi pada *granulating drum* adalah untuk membentuk campuran material menjadi butiran-butiran kecil. Ketika proses *granulating* berlangsung campuran material diinjeksi *steam* (uap panas) disertai penambahan air 20 %. Penambahan *steam* untuk meningkatkan tempratur material 20-30°C. Hal ini dilakukan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar ketika proses *sintering* berlangsung. Setelah *mixing* dan *granulating drum* dimodifikasi maka *over process* pada saat pencampuran material dapat diminimalisir karena proses pada fasilitas *mixing* dihilangkan, diganti dengan *belt conveyor* (gambar 2). Pada proses fasilitas *granulating drum* ditambahkan *nozzle* untuk *spray* air dari 6 *nozzle* menjadi 20 *nozzle* supaya *moisture* pada material terpenuhi dan berguna pada proses pembakaran di *sinter machine*.Perubahan desain inimampu mempercepatproses pencampuran material dari yang semula 467 detik menjadi 247 detik.



13000 mm

**Gambar 2.** *Belt Conveyor* Pengganti *Mixing Drum*

16000 mm



Water supply

**Gambar 3.** Modifikasi *Spray Water Granulating Drum*

*Sub waste* kategori *waste motion* berupa pergerakan 2 operator ketika inspeksi fasilitas pencampuran material. Fasilitas pencampuran material proses berlebih pada saat pencampuran *material* disebabkan karena desain konstruksi. konstruksi awal pabrik yang menyiapkan 2 fasilitas untuk pross pencampuran material yaitu *mixing drum* dan *granulating drum*. Prinsip kerja kedua fasilitas ini sama dengan cara memutar drum supaya material yang ada didalam drum teraduk agar komposisinya *homogen*. Karena kedua fasilitas memiliki proses dan cara kerja yang sama maka menyebabkan proses pencampuran material terlalu lama sehingga waktu proses produksi berlebih dan tidak meningkatkan kapasitas produksi. Berdasarkan analisis masalah yang sudah diketahui penyebabnya melalui *5 whys analysis*, maka diusulkan untuk mengganti *mixing drum* dengan *conveyor* dan pencampuran material dilakukan di fasilitas *granulating drum* agar tidak ada *motion waste* pada saat mengecek fasilitas pencampuran material. Awalnya pada saat inspeksi fasilitas pencampuran material diperlukan 2 operator karena terdapat 2 fasilitas, setelah diusulkan merubah *mixing drum* menjadi *conveyor maka* hanya diperlukan 1 operator saja untuk inspeksi fasilitas pencampuran material.

Dari *big picture mapping* (gambar 4), maka dapat diketahui bahwa *lead time* produksi berjumlah 8640 detik (dari awal kedatangan hingga produk keluar siapjual) dan VA (*Value Added*) berjumlah 3946 detik. Sedangkan kegiatan yang merupakan NVA (*Non Value Added*)dan NNVA (*Necessary but Non Value Added*) berjumlah 4694 detik. Berdasarkan data tersebut maka dapat diperoleh nilai *process cycle efficiency* sebesar 45,67 %.

*SINTER ORE*

*DIVISI SINTER PLANT*

Suplier Order

*Raw Material Handling*

 2

*Granulating Drum*

 1

*Sinter Mesin*

 3

*Screening*

  1

***Finish Product***

*Blast Furnaec Plant*

Production Order

***Proportioning Bin***

4694

3946

38

132

106

3600

4354

65

102

243

**Gambar 4.** *Big Picture Mapping* Kegiatan pada Divisi *Sinter Plant*

*Implementasi lean manufacturing* dalam proses *sinter ore* mampu mengefisienkan sistem produksi yang ada. Dengan menghilangkan proses *overprocessing* bisa berdampak pada penghilangan *motion* yang berdampak pada pengurangan tenaga kerja. Penggunaan VALSAT bersifat rawan terhadap inkonsistensi penilaian yang dibuat oleh pandangan bias para pembuat keputusan dalam mengalokasikan penekanan pada berbagai alternatif (Singh et al. 2006). Penilaian yang bias akan berdampak pada keputusan akhir dalam suatu perusahaan. Validasi VALSAT memerlukan heuristik pendukung keputusan untuk pemilihan *tools value stream mapping*. Menurut prinsip *lean*, jika pabrik ingin memberikan kualitas tertinggi, dengan biaya terendah, dalam waktu singkat kepada pelanggannya dan juga terus meningkatkannya, maka pabrik tersebut harus terus mengidentifikasi dan membuang semua limbah yang ada dalam sistem.

1. **KESIMPULAN**

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan diketahui penyebab terjadinya *waste* pada proses pencampuran materialyaitu *over process waste* dan *motion waste*, dikarenakan desain kontruksi awal pabrik yang menyiapkan 2 fasilitas yang sama untuk mencampur material *(mixing* dan *granulating drum)*. Metode kerja *mixing* dan *granulating* ini mencampurkan material dengan cara diaduk dalam sebuah drum silinder dengan ditambahkan *spray* air, karena prosesnya sama sehingga menyebabkan proses berlebih. Pergantian *mixing drum* dengan *belt conveyor* dan memodifikasi *nozzle spray* air dari 6 *nozzl*e menjadi 20 *nozzle* di *granulating drum,* agar kebutuhan air pada material *sinter* terpenuhi 90 % mampu meningkatkan nilai PCE dari 44,65 % menjadi 45,67 %. Penelitian ini dapat dilanjutkan pada pemilihan alat *value stream mapping* yang bersifat heuristik untuk mendapatkan hasil keputusan yang lebih baik.

**DAFTAR PUSTAKA**

Azwir., Hamdi, Hery., and Setyanto, Agus Kurniawan. 2017. Analisis Penerapan Lean Manufacturing pada Penurunan Cacat Feed Roll menggunakan Metode PDCA (Studi Kasus PT. XYZ). *Jurnal Rekayasa Sistem Industri* 6(2): 105–18. http://journal.unpar.ac.id/index.php/jrsi/article/view/2714.

Devi, K Sivananda., Arunachalam, V.P., and Gunasekaran, N. 2018. Lean Manufacturing Concepts in Wet Grinder Assembly Line through Value State Mapping. *International Journal of Services and Operations Management* 30(3): 357. http://www.inderscience.com/link.php?id=92608.

Dhiravidamani, P, Ramkumar, A S ., Ponnambalam, S G ., and Subramanian. Nachiappan. 2018. Implementation of Lean Manufacturing and Lean Audit System in an Auto Parts Manufacturing Industry – an Industrial Case Study. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* 31(6): 579–94. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/0951192X.2017.1356473.

Ghosh, Manimay. 2012. Lean Manufacturing Performance in Indian Manufacturing Plants. *Journal of Manufacturing Technology Management* 24(1): 113–22. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/17410381311287517/full/html.

Godinho Filho, Moacir., Ganga, Gilberto Miller Devós., and Gunasekaran, Angappa. 2016. Lean Manufacturing in Brazilian Small and Medium Enterprises: Implementation and Effect on Performance. *International Journal of Production Research* 54(24): 7523–45. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2016.1201606.

Hines, Peter, and Rich, Nick. 1997. The Seven Value Stream Mapping Tools. *International Journal of Operations & Production Management* 17(1): 46–64. https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/01443579710157989/full/html.

Jannah, Miftakhul., and Siswanti, Dewi. 2017. Analisis Penerapan Lean Manufacturing untuk Mereduksi Over Production Waste menggunakan Value Stream Mapping dan Fishbone Diagram. *Sinteks: Jurnal Teknik* 6(1): 1–9. https://jurnal.stt.web.id/index.php/Teknik/article/view/77.

Panwar, Avinash., Nepal, Bimal P., Jain, Rakesh ., and Rathore, Ajay Pal Singh. 2015. On the Adoption of Lean Manufacturing Principles in Process Industries. *Production Planning & Control* 26(7): 564–87. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2014.936532.

Radnor, Zoe. 2011. Implementing Lean in Health Care: Making the Link between the Approach, Readiness and Sustainability. *International Journal of Industrial Engineering and Management* 2(1): 1–12. http://ijiemjournal.uns.ac.rs/v02/v02-01-01.html.

Ravizar, Agung., and Rosihin, Rosihin. 2018. Penerapan Lean Manufacturing untuk Mengurangi Waste pada Produksi Absorbent. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya* 4(1): 23–32. http://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/INTECH/article/view/854.

Ristyowati, Trismi., Muhsin, Ahmad., and Nurani, Putri Puji. 2017. Minimasi Waste pada Aktivitas Proses Produksi dengan Konsep Lean Manufacturing (Studi Kasus di PT. Sport Glove Indonesia). *OPSI* 10(1): 85–96. http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/opsi/article/view/2191.

Rother, Mike., and Shook, John. 2003. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. Lean Enterprise Institute. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=mrNIH6Oo87wC&oi=fnd&pg=PP2&ots=23lvd68FEw&sig=d1a9meChU66YdaHgmmMyLR\_BaZU&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false.

Seth, Dinesh., Seth, Nitin ., and Dhariwal, Pratik. 2017. A pplication of Value Stream Mapping (VSM) for Lean and Cycle Time Reduction in Complex Production Environments: A Case Study. *Production Planning & Control* 28(5): 398–419. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2017.1300352.

Shah, Rachna., and Ward, Peter T. 2003. Lean Manufacturing: Context, Practice Bundles, and Performance. *Journal of Operations Management* 21(2): 129–49. http://doi.wiley.com/10.1016/S0272-6963(02)00108-0.

Singh, R K., Kumar, S., Choudhury, A K., and Tiwari, M K. 2006. Lean Tool Selection in a Die Casting Unit: A Fuzzy-Based Decision Support Heuristic. *International Journal of Production Research* 44(7): 1399–1429. http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540500272980.

Womack, James P., and Jones, Daniel T. 1997. Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. In *Journal of the Operational Research Society*, Taylor & Francis, 1148–1148. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1057/palgrave.jors.2600967.

Zakaria, Nurul Husna., Mohamed, Nik Mohd Zuki Nik., Ab Rahid, Mohd Fadzil Faisae., and Rose, Ahmad Nasser Mohd. 2017. Lean Manufacturing Implementation in Reducing Waste for Electronic Assembly Line. *MATEC Web of Conferences* 90: 01048. http://www.matec-conferences.org/10.1051/matecconf/20179001048.

Zhou, Bin. 2016. Lean Principles, Practices, and Impacts: A Study on Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs). *Annals of Operations Research* 241(1–2): 457–74. http://link.springer.com/10.1007/s10479-012-1177-3.