

Penerapan Lean Manufacturing di Sebuah Perusahaan Keramik

Ryan Restu Reza¹, Amelia Santoso²

^{1,2)} Program studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Surabaya
Jl. Raya Kalirungkut, Kali Rungkut, Kec. Rungkut, Surabaya 60293
Email: ryanrestureza@gmail.com, amelia@staff.ubaya.ac.id

ABSTRAK

Agar dapat bersaing di pasar global, perusahaan manufaktur harus secara terus menerus mengeliminasi *waste* yang terjadi dalam proses produksinya. *Lean manufacturing* merupakan salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengurangi *waste* di perusahaan. Dalam *paper* ini, pendekatan *lean manufacturing* digunakan untuk mengurangi *waste* di lantai produksi perusahaan manufaktur keramik. Adanya *waste* di lantai produksi menyebabkan keterlambatan dalam memenuhi permintaan pelanggan. Pendekatan *value stream mapping* (VSM) digunakan untuk menemukan permasalahan pada aliran produk dan informasi, sedangkan *process activity mapping* (PAM) digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas secara detail disetiap proses. Dari penerapan VSM dan PAM semua aktivitas di lantai produksi diklasifikasikan menjadi tiga kategori. Kategori pertama *value-added activity* dengan total waktu 186,1 menit, *necessary non-value-added activities* adalah 2.723,64 menit, dan *non-value-added activity* adalah 1.410,26 menit. Dari ketiga kategori kegiatan tersebut didapatkan rasio *value-added activity* sebesar 4,31%. Dengan menggunakan analisis Pareto diketahui, persentase *non-value-added activity* yang paling signifikan terjadi di proses *drying*, *printing*, dan *firing*. Metode Ishikawa digunakan untuk menemukan akar penyebab waktu *non-value-added activity* antara lain keterlambatan penggantian komponen, Kurangnya pelatihan operator, tidak adanya pemeriksaan berkala kurangnya kesadaran operator. Metode 5W1H menemukan usulan perbaikan yang sesuai dengan menambahkan tugas kepada operator proses *glazing*. Beban kerja operator dihitung ulang menggunakan metode *full-time equivalent* (FTE) untuk menentukan jumlah operator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu *value-added activity* meningkat 3,57% menjadi 192,27 menit, dan *necessary non-value-added activity* menurun 1,32% menjadi 2.759,70 menit. Namun, waktu *non-value-added activity* mengalami penurunan sebesar 3,03% menjadi 1.367,56 menit dengan rasio *value-added activity* sebesar 4,46%.

Kata kunci: *Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Process Activity Mapping.*

ABSTRACT

To compete in the global market, manufacturing companies must continuously eliminate waste in the production process. The lean manufacturing approach is one method that needs to be applied to identify and reduce waste in a factory. In this paper, a ceramic manufacturer used the lean manufacturing approach to eliminate waste on the production floor. The waste on the production floor causes late to fulfills customer demand. The value stream mapping approach is used to find the problem in product and information flow. The process activities mapping approach is used to classify activities in detail for each process. The total time of value-added activities is 186.1 minutes, necessary non-value-added activities are 2,723.64 minutes, and the non-value-added activities are 1,410.26 minutes. From the three activity categories, we can calculate the value-added ratio is 4.31%. By using Pareto analysis, the most significant percentage of non-value-added time occurs in the drying, printing, and firing process. Ishikawa's method found that the root causes of non-value-added time include delays in component replacement, lack of operator training, absence of periodic checks operator's lack of awareness. The 5W1H method found an appropriate improvement proposal by adding tasks to operators in the glazing process. Operators' workload is recalculated using the full-time equivalent method to determine the number of operators. The results show that the time of value-added activities increased by 3.57% to 192.27 minutes, and the necessary non-value-added activities decreased by 1.32% to 2,759.70 minutes. Still, the time of non-value-added activities decreased by 3.03% to 1,367.56 minutes with a value-added ratio of 4.46%.

Keywords: *Lean Manufacturing, Value Stream Mapping, Process Activity Mapping.*

Pendahuluan

Seiring dengan meningkatnya tekanan ekonomi dan lingkungan, tantangan yang dihadapi oleh bisnis berbasis manufaktur semakin tinggi[1]–[4]. Untuk bersaing di pasar global, perusahaan manufaktur harus secara tepat mengeliminasi

waste dalam proses produksi. Perusahaan manufaktur harus memastikan bahwa proses produksi berjalan dengan baik untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan memuaskan pelanggan. Perusahaan manufaktur harus memperhatikan kualitas produk dan pengiriman tepat waktu untuk memenuhi permintaan pelanggan. Selain itu, perusahaan manufaktur juga harus memperhatikan tingkat produktivitas yang dihasilkan. Perusahaan yang berfokus pada *cycle time* sebagai ukuran produktivitas dapat mengurangi waktu pengiriman dan meningkatkan kualitas produk sehingga membuat pelanggan lebih puas [5]–[9].

Lean manufacturing adalah strategi pendekatan perusahaan untuk menghilangkan *non-value-added activity* sehingga dapat meningkatkan nilai suatu produk atau jasa [10]–[12]. Selain untuk mengurangi *waste* dalam proses, praktik dan prinsip *lean manufacturing* bertujuan untuk memuaskan pelanggan dan meningkatkan kinerja operasional [13].

Deshkar *et al.* [14], mengklasifikasikan metode *lean manufacturing* menjadi dua kategori. Metode pertama adalah mengidentifikasi semua *waste* dalam proses produksi dan mengeliminasi *waste* paling signifikan yang berdampak langsung pada proses. Penghapusan *waste* ini akan membantu mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas produk. Metode kedua berfokus pada membuat proses produksi lebih ramping untuk menghilangkan kemacetan. *Paper* ini menggunakan metode penerapan *lean manufacturing* pertama untuk meningkatkan tingkat produktivitas perusahaan.

Metode Penelitian

Metode penelitian disusun sebagai dasar untuk melakukan penelitian. Langkah pertama adalah mengidentifikasi *waste* di lantai produksi yang sering menyebabkan keterlambatan proses. Pada langkah ini, metode yang digunakan yaitu *value stream mapping* (VSM) dan *process activity mapping* (PAM).

VSM dapat memvisualisasikan aliran proses manufaktur, yang menunjukkan setiap aktivitas *value-added* (VA) dan *non-value-added* (NVA) yang menambah biaya, waktu pemrosesan, dan waktu lain yang diperlukan untuk pengiriman produk ke pelanggan [12], [15], [16]. VSM digunakan untuk menemukan masalah pada aliran produk dan informasi berdasarkan data yang dikumpulkan melalui wawancara pekerja dan observasi di lantai produksi. Data yang dikumpulkan adalah proses produksi, pesanan pelanggan, kapasitas produksi, jumlah operator, *cycle time*, dan *takt time*.

PAM digunakan untuk mengidentifikasi VA dan NVA dalam proses memenuhi pesanan pelanggan [17]. Selanjutnya NVA dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu *necessary non-value-added activity* (NNVA) dan *non-value-added* (NVA) [18]. Untuk mengidentifikasi aktivitas proses, dimulai dengan mengklasifikasikan setiap aktivitas proses ke dalam salah satu kategori aktivitas, yaitu *operation*, *inspection*, *transportation*, *storage*, dan *delay*.

Current state map dibuat berdasarkan hasil VSM dan PAM. *Current state map* digunakan untuk menganalisis produk dan aliran informasi secara komprehensif guna menemukan *waste* pada setiap proses. *Waste* diklasifikasikan menjadi tujuh jenis yaitu *over-production*, *transportation*, *motion*, *over-processing*, *defect*, *waiting time* dan [4], [19]–[22].

Langkah kedua adalah menentukan *waste* yang paling signifikan dengan menggunakan konsep Pareto sebagai fokus perbaikan. Setelah mengetahui *waste* yang paling signifikan, langkah selanjutnya adalah mencari akar penyebab *waste* tersebut menggunakan diagram Ishikawa dan merancang kegiatan perbaikan untuk menghilangkan atau mengurangi *waste* tersebut menggunakan metode 5W1H. Langkah selanjutnya adalah menerapkan perbaikan yang diusulkan. Langkah terakhir dari metode penelitian ini adalah membandingkan dan menganalisis *current state map* dan *proposed state map* serta membuat kesimpulan.

Hasil Dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan manufaktur keramik lantai di Indonesia, dengan wilayah distribusi utama Indonesia bagian timur. Perusahaan ini memproduksi beberapa jenis dan ukuran keramik lantai, namun penelitian ini berfokus pada produk keramik lantai ukuran 40x40 cm. Proses produksi berjalan selama 24 jam dengan tiga *shift* dan masing – masing *shift* bekerja selama 8 jam termasuk satu jam istirahat.

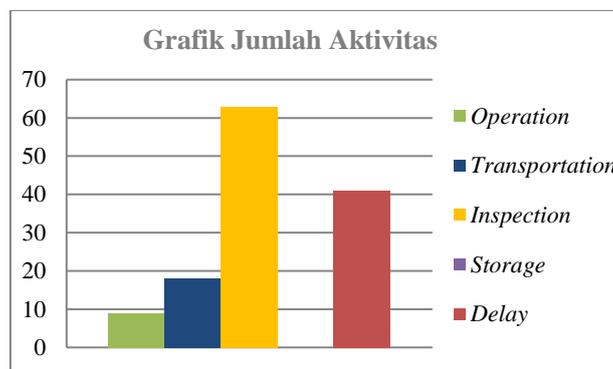
Identifikasi Waste

Langkah awal untuk mengidentifikasi *waste* adalah pemetaan aliran informasi dari pesanan pelanggan sampai ke *supplier*. Dari pemetaan aliran informasi, *takt time* perusahaan dapat dihitung. *Takt time* adalah waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu produk untuk memenuhi permintaan pelanggan [14]. Permintaan tahunan pada tahun 2020 adalah 48.861.000 *pieces*. Pada tahun 2020, perusahaan bekerja selama 366 hari dengan tiga *shift* per hari dan 8 jam per *shift*, artinya perusahaan memproduksi keramik sebanyak 44.500 *pieces/shift* tanpa henti. *Takt time* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) [23]. Dengan demikian diperoleh nilai *takt time* yaitu 8 jam/44.500 *pieces*, sama dengan 0,65 detik.

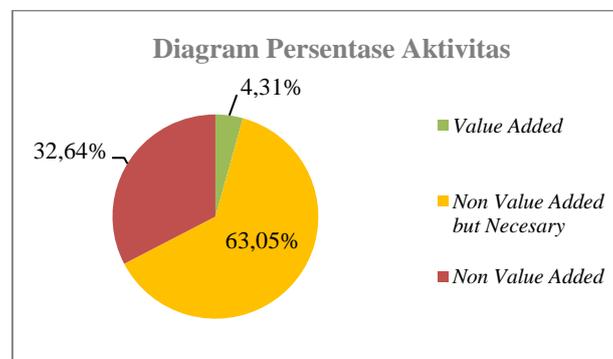
$$Takt\ time = \frac{Available\ working\ time}{Demand} \tag{1}$$

Identifikasi *waste* dilanjutkan pada setiap proses produksi dengan memetakan aliran material. Data yang dikumpulkan adalah aliran proses, kapasitas, *available time*, *uptime*, jumlah operator dan *cycle time*. Dalam proses produksinya, perusahaan menerapkan *pull production system* dengan proses kontinyu tanpa WIP. Berdasarkan kualitas produk, perusahaan mengategorikan hasil produksi menjadi kualitas 1, kualitas 2, dan *reject*. Pada tahun 2020, hasil produksi sebanyak 47.119.494,17 *pieces*.

Untuk menganalisis *waste* lebih dalam, metode PAM digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas operator di setiap proses, mulai dari proses *pressing* hingga proses *transfer* produk ke *finished good warehouse*. Aktivitas – aktivitas operator dikategorikan ke dalam *operation*, *inspection*, *transportation*, *storage*, dan *delay*. Kemudian aktivitas didefinisikan menjadi tiga jenis, VA, NNVA dan NVA. Dari analisis PAM didapatkan 9 aktivitas VA, 81 NNVA dan 41 NVA. Total waktu VA adalah 186,1 menit (4,31%), NNVA adalah 2.723,64 menit (63,05%) dan NVA adalah 1.410,26 menit (32,64%). Total jarak pergerakan NVA adalah 3.819,9 meter.



Gambar 1. Informasi jumlah aktivitas



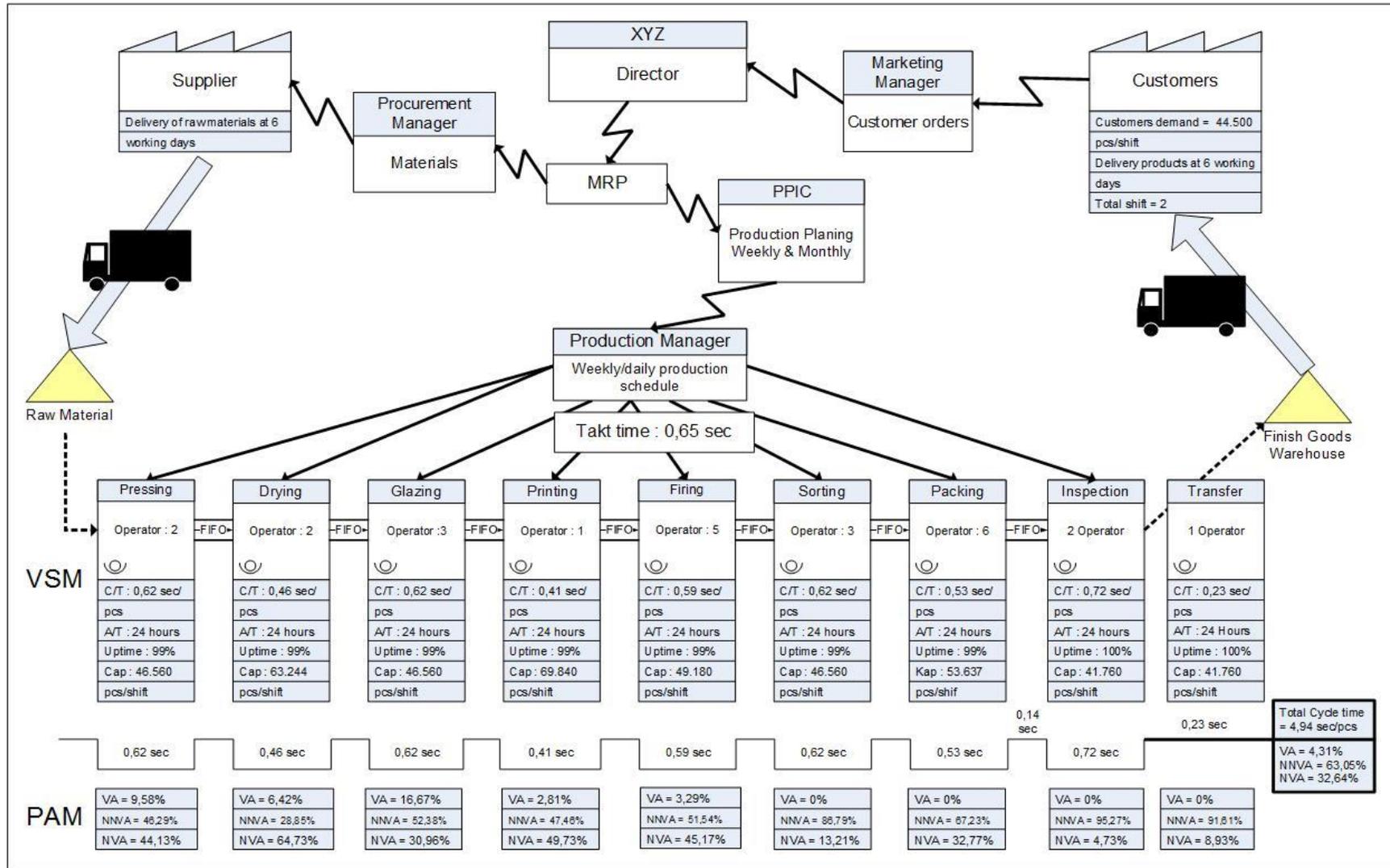
Gambar 1. Informasi persentase aktivitas

Tingkat produktivitas adalah ukuran gabungan antara efisiensi karyawan, mesin, peralatan yang digunakan, *input* bahan baku, kinerja manajemen dan efisiensi seluruh sistem produksi [24]. Tingkat produktivitas pada kondisi saat ini yang digunakan sebagai acuan evaluasi. Tingkat produktivitas dapat dihitung dengan persamaan (2) [24].

$$Worker\ productivity = \frac{Output\ per\ unit\ of\ time}{Estimate\ output\ per\ unit\ of\ time} \tag{2}$$

Output rata-rata per *shift* dapat diperoleh dari total produksi pada tahun 2020 dibagi dengan total waktu kerja pada tahun 2020 sebesar 42.913,93 *pieces*. Dengan menggunakan persamaan (2), tingkat produktivitas pada tahun 2020 adalah 42.913,93 *pieces* /44.500 *pieces* atau setara dengan 96,44%.

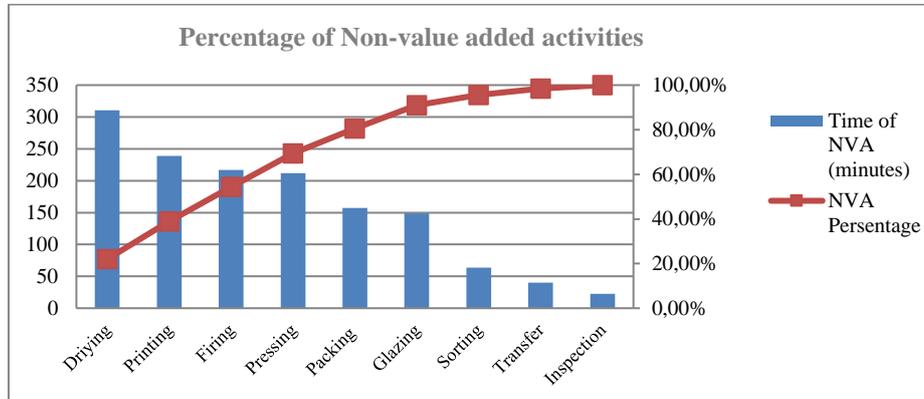
Current state map dibuat dari gabungan hasil VSM dan PAM. *Current state map* pada Gambar 3 menunjukkan kondisi perusahaan saat ini, dengan persentase total aktivitas yang tidak bernilai tambah sebesar 32,64%, hal tersebut merupakan masalah dalam proses produksi.



Gambar 3. Current state map

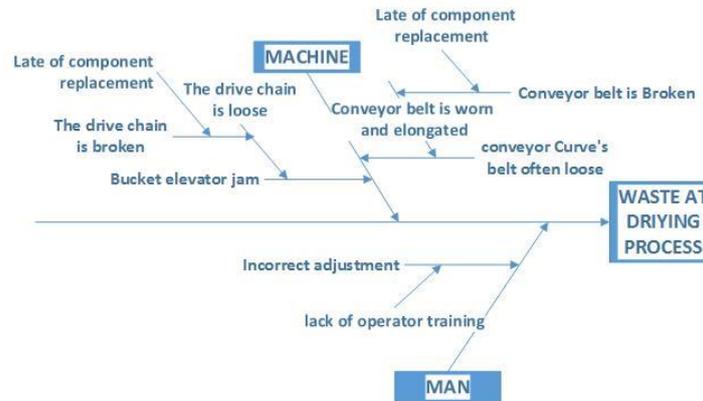
Eliminasi Waste

Setelah mengetahui *waste* dalam proses produksi, selanjutnya menentukan fokus perbaikan. Analisis Pareto digunakan untuk menemukan proses dengan waktu NVA yang paling besar. Tiga proses memiliki persentase paling signifikan yang diambil sebagai fokus perbaikan yaitu *drying* 22,03%, *printing* 16,93% dan *firing* 15,37% (Gambar 4).

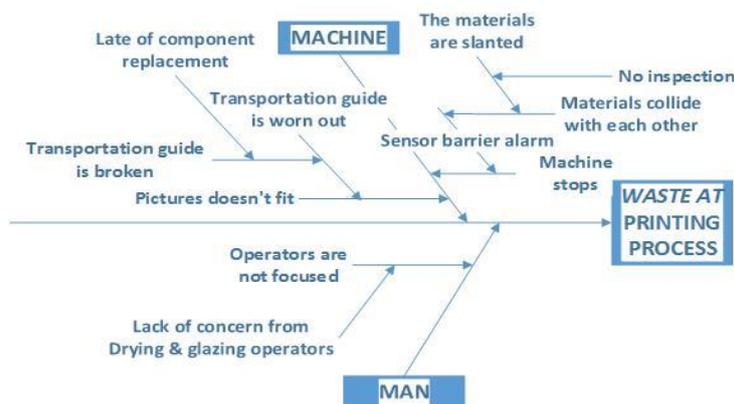


Gambar 4. Persentase *non-value-added activity* pada masing – masing proses

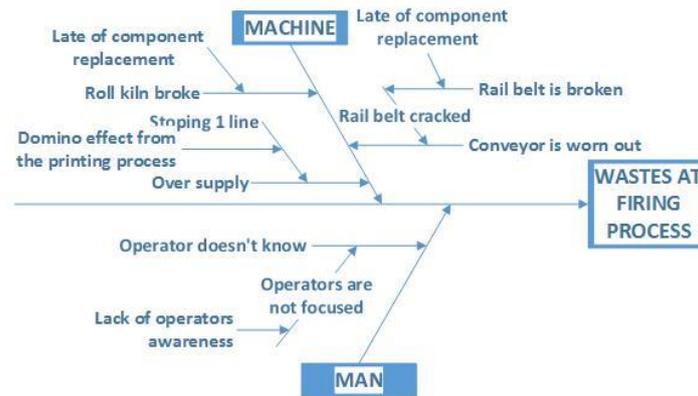
Metode Ishikawa digunakan untuk mencari penyebab masalah terjadinya NVA pada proses *drying*, *printing* dan *firing*. Akar penyebab NVA dalam proses *drying* adalah kurangnya pelatihan operator dan keterlambatan penggantian komponen. Akar penyebab NVA dalam proses *printing* adalah keterlambatan penggantian komponen, tidak adanya pemeriksaan berkala pada jalur konveyor, dan kurangnya perhatian operator. Akar penyebab NVA dalam proses *firing* adalah *oversupply* dari area *printing*, kurangnya perhatian operator, dan keterlambatan penggantian komponen (Gambar 5, 6, 7).



Gambar 5. Akar penyebab masalah pada proses *drying*



Gambar 6. Akar penyebab masalah pada proses *printing*



Gambar 7. Akar penyebab masalah pada proses firing

Metode 5WIH digunakan untuk merancang usulan perbaikan di rantai produksi. Berdasarkan akar penyebab masalah NVA, usulan perbaikan yang disarankan yaitu sebagai berikut:

- Ada kesamaan penyebab NVA pada proses *drying*, *printing* dan *firing*: penundaan penggantian komponen. Hal ini menyebabkan mesin bermasalah saat dioperasikan, sehingga operator proses *drying*, *printing* dan *firing* harus memperbaiki atau mengganti komponen. Usulan perbaikan adalah melakukan perawatan preventif dan mengganti komponen yang rusak secara berkala.
- Kurangnya pelatihan operator dalam proses *drying* menyebabkan operator mengatur kecepatan motor konveyor terlalu cepat. Hal Ini menyebabkan konveyor *belt* cepat aus dan sering lepas. Saran perbaikan adalah mengadakan pelatihan operator dalam mengatur kecepatan motor konveyor.
- Penyebab NVA dalam proses *printing* adalah tumpang tindih bahan yang masuk ke mesin *printing*. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya pemeriksaan berkala pada jalur konveyor dari proses *glazing* sampai ke proses *printing*. Perbaikan yang diusulkan adalah menugaskan operator untuk melakukan inspeksi pada jalur konveyor diawal setiap *shift*.
- Penyebab NVA dalam proses *printing* dan *firing* adalah kurangnya kesadaran operator akan tugasnya. Karena operator proses *drying*, *glazing* dan *printing* tidak fokus sehingga mereka tidak mengetahui adanya bahan yang pecah atau rusak yang dapat menyebabkan mesin berhenti. Perbaikan yang diusulkan adalah meningkatkan kesadaran karyawan saat bekerja melalui pelatihan dan diskusi kelompok.

Melalui koordinasi dan diskusi dengan pihak perusahaan, usulan perbaikan yang dipilih adalah menugaskan operator untuk melakukan pemeriksaan berkala terhadap jalur konveyor, mulai dari proses *glazing* hingga proses *printing* pada setiap awal *shift*. Penugasan operator untuk melakukan inspeksi secara berkala diawali dengan membuat instruksi kerja sebagai pedoman kerja. Selanjutnya beban kerja operator dihitung menggunakan metode FTE. FTE adalah metode penyederhanakan pengukuran kerja dengan mengubah beban kerja menjadi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan [25]. Berdasarkan beban kerja operator, jumlah operator yang optimal dapat ditentukan. Menurut Rachmuddin et al. [26], rumus FTE ditunjukkan di bawah ini:

$$FTE = \frac{(Task\ completion\ time\ x\ task\ frequency)}{Effective\ working\ hours} \tag{3}$$

Wahidi et al. [27] mengkategorikan beban kerja menjadi tiga kategori, yaitu *underload* (FTE 0-0,99), *in load* (FTE 1-1,28) dan *overload* (lebih besar dari FTE 1,28). Waktu kerja efektif operator *glazing* adalah 8 jam. Total jam kerja yang diperoleh dari perhitungan *standard time* proses *glazing* adalah sebesar 611,45 menit. Nilai FTE yang didapat adalah 611,45 menit/8 jam, sama dengan 1,27. Berdasarkan nilai FTE yang didapat, jumlah operator *glazing* masih optimal setelah penambahan tugas.

Kondisi Setelah Improvement

Setelah menerapkan perbaikan yang diusulkan, selanjutnya dilakukan pengumpulan data PAM ulang untuk menganalisis hasilnya. Data diperoleh yaitu 9 VA, 82 NNVA dan 41 NVA. Total waktu untuk VA adalah 192,7 menit (4,46%), NNVA adalah 2.759,70 menit (63,88%) dan waktu untuk NVA adalah 1.357,56 menit (31,66%). Total jarak pergerakan NVA adalah 3.785,60 meter dan rasio waktu VA dari keseluruhan proses adalah 4,46%. Hasil produksi pada kondisi perbaikan terdiri dari 39.225,58 *pieces* kualitas 1, 4.564,60 *pieces* kualitas 2 dan 608,61 *pieces reject*. *Proposed state map* pada Gambar 8 menunjukkan kondisi perusahaan setelah perbaikan.

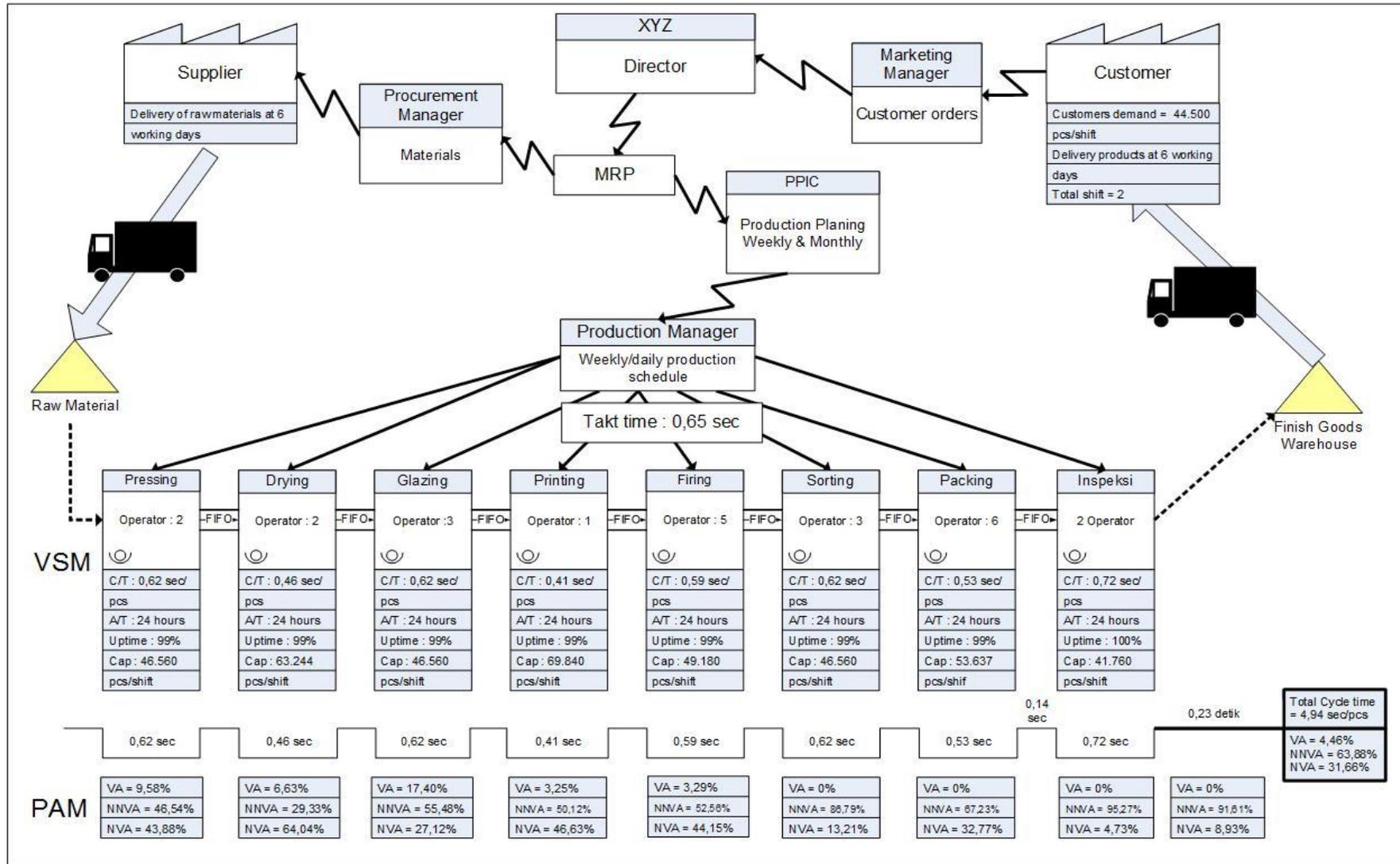


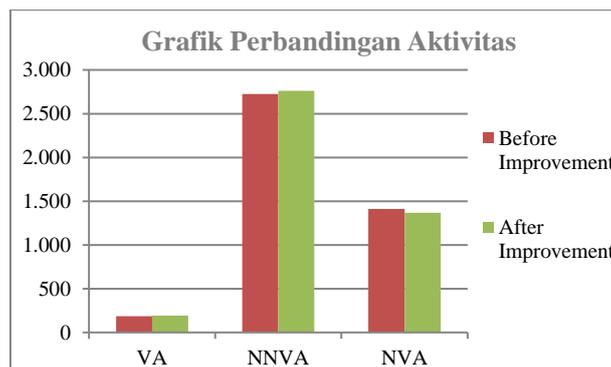
FIGURE 8. Proposed state map Analysis

Perbaikan telah diterapkan di lantai produksi, data kondisi awal serta hasil perbaikan telah dikumpulkan. Hasil implementasi perbaikan ditunjukkan pada Tabel 1. Waktu VA meningkat 3,57% dari 186,1 menit menjadi 192,27 menit, waktu NNVA meningkat 1,32% dari 2.723,64 menjadi 2.759,7 menit dan waktu NVA mengalami penurunan sebesar 3,03% dari 1.410,26 menit menjadi 1.367,56 menit. Total jarak pergerakan NVA mengalami penurunan sebesar 34,40 meter dari 3.819,9 menjadi 3.785,60 meter.

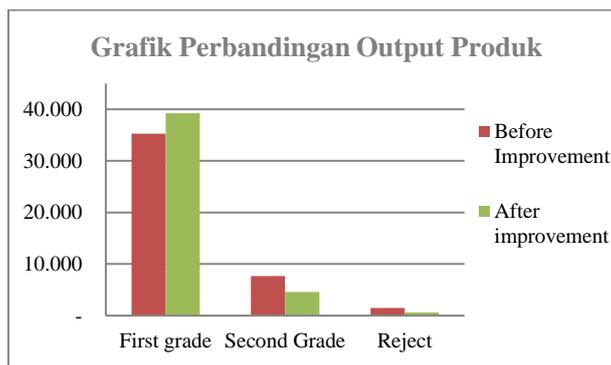
Table 1. Data hasil perbaikan.

Klasifikasi	Data Awal		Data Perbaikan			Perubahan			
	Menit	%	Jarak(m)	Menit	%	Jarak(m)	Menit	%	Jarak(m)
VA	186,1	4,31%	287,8	192,74	4,46%	287,8	6,64	3,57%	0
NNVA	2.723,64	63,05%	2.970,47	2.759,7	63,88%	3.053,87	36,06	1,32%	83,40
NVA	1.410,26	32,64%	3.819,9	1.367,56	31,66%	3.785,6	-42,70	-3,03%	-34,30
Total	4.320	100%	7.078,20	4.320	100%	7.127,27			

Hasil perbaikan menunjukkan bahwa *output* produk kualitas 1 mengalami peningkatan sebesar 11,23% dari 35.265,66 *pieces* menjadi 39.225,58 *pieces*, hasil *output* produk kualitas 2 mengalami penurunan sebesar 40,32% dari 7.648,27 *pieces* menjadi 4.564,60 *pieces*. Produk *reject* mengalami penurunan 58,5% dari 608,61 menjadi 856,58 *pieces*. Total hasil produksi yang diperoleh adalah 39.225,58 *pieces* + 4.564,60 *pieces*, sama dengan 43.790,18 *pieces*. Tingkat produktivitas pada kondisi setelah perbaikan adalah 43.790,18 *pieces* /44.500 *pieces* atau setara dengan 98,40%. Tingkat produktivitas mengalami peningkatan sebesar 2,04% dari 96,44% menjadi 98,40%.



Gambar 9. Grafik perbandingan aktivitas



Gambar 10. Grafik perbandingan *output* produk

Simpulan

Paper ini menguraikan penerapan *lean manufacturing* di sebuah industri manufaktur keramik. *Current state map* membantu mengidentifikasi *waste* pada proses produksi. Waktu NVA terbesar terdapat pada proses *drying*, *printing* dan *firing*. Akar penyebab masalah dari NVA meliputi penggantian komponen yang terlambat, kurangnya pelatihan untuk operator, kurangnya inspeksi rutin pada jalur konveyor dan kurangnya kesadaran operator. Perbaikan dilakukan dengan menambah tugas operator pada proses *glazing* untuk menginspeksi jalur konveyor pada setiap awal *shift*. Hasil implementasi

perbaikan menunjukkan bahwa waktu VA meningkat 3,57% menjadi 192,27 menit dan waktu NNVA meningkat 1,32% menjadi 2.759,70 menit. Namun, waktu NVA mengalami penurunan sebesar 3,03% menjadi 1.367,56 menit dengan rasio VA sebesar 4,46%. Total jarak pergerakan NVA mengalami penurunan sebesar 34,40 meter menjadi 3.785,60 meter. Tingkat produktivitas mengalami peningkatan sebesar 2,04% dari 96,44% menjadi 98,40%.

Daftar Pustaka

- [1] S. Balili and F. Yuamita, "Analisis Pengendalian Risiko Kecelakaan Kerja Bagian Mekanik Pada Proyek PLTU Ampana (2x3 MW) Menggunakan Metode Job Safety Analysis (JSA)," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. II, pp. 61–69, 2022.
- [2] M. H. Alim and S. Suseno, "Analisa Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Continuous Review System dan Periodic Review System di PT XYZ," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 163–172, 2022.
- [3] V. A. Nuantra *et al.*, "Faktor Usability Testing Terhadap Penggunaan Presensi Di Web SIA UTY," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 173–182, 2022.
- [4] S. R. Shah and E. Naghi Ganji, "Lean production and supply chain innovation in baked foods supplier to improve performance," *Br. Food J.*, vol. 119, no. 11, pp. 2421–2447, 2017, doi: 10.1108/BFJ-03-2017-0122.
- [5] S. Nallusamy and M. A. Adil Ahamed, "Implementation of lean tools in an automotive industry for productivity enhancement - A case study," *Int. J. Eng. Res. Africa*, vol. 29, no. March, pp. 175–185, 2017, doi: 10.4028/www.scientific.net/JERA.29.175.
- [6] P. Priyono and F. Yuamita, "Pengembangan Dan Perancangan Alat Pemotong Daun Tembakau Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD)," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 137–144, 2022.
- [7] Y. Nursyanti, "Penentuan Penyedia Jasa Trucking di PT Yicheng Logistics Dengan Menggunakan Metode SAW (Simple Additive Weighting)," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. III, pp. 210–222, 2022.
- [8] A. A. Muis, D. Kurniawan, F. Ahmad, and T. A. Pamungkas, "Rancangan Meja Pengatur Ketinggian Otomatis Menggunakan Pendekatan Antropometri Dengan Metode Quality Function Deployment (QFD)," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, no. II, pp. 114–122, 2022.
- [9] F. N. Rahman and A. Y. Pratama, "Analisis Beban Kerja Mental Pekerja Train Distribution PT. Solusi Bangun Indonesia," *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 1, pp. 7–14, 2022, doi: <https://doi.org/10.55826/tmit.v1i1.11>.
- [10] Yadrifil, R. A. Pratama, and A. M. M. Rus, "Improvement recommendation to eliminate waste on the production process of line laminating door component with value stream mapping and waste assessment model method," in *AIP Conference Proceedings*, 2020, vol. 2227. doi: 10.1063/5.0004213.
- [11] S. V. Buer, J. O. Strandhagen, and F. T. S. Chan, "The link between industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 56, no. 8, pp. 2924–2940, 2018, doi: 10.1080/00207543.2018.1442945.
- [12] M. Elbert, *Lean production for the small company*. 2018. doi: 10.1201/b12358.
- [13] G. L. Tortorella, R. Miorando, and G. Marodin, "Lean supply chain management: Empirical research on practices, contexts and performance," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 193, pp. 98–112, 2017, doi: 10.1016/j.ijpe.2017.07.006.
- [14] A. Deshkar, S. Kamle, J. Giri, and V. Korde, "ScienceDirect Mapping (VSM) for a plastic bag manufacturing unit .," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 2, pp. 7668–7677, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2017.11.442.
- [15] A. P. Chaple and B. E. Narkhede, "Value stream mapping in a discrete manufacturing: A case study," *Int. J. Supply Chain Manag.*, vol. 6, no. 1, pp. 55–67, 2017.
- [16] D. T. Setiyawan, P. Deoranto, and D. Peranginangin, "Production process analysis using value stream mapping at East Java sugarcane industry," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 230, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/230/1/012057.
- [17] N. David, "Going lean," *Aust. J. Pharm.*, vol. 95, no. 1124, pp. 42–46, 2014, doi: 10.1097/01.jnn.0000358162.21072.ab.
- [18] W. Kosasih, I. K. Sriwana, E. C. Sari, and C. O. Doaly, "Applying value stream mapping tools and kanban system for waste identification and reduction (case study: A basic chemical company)," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 528, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/528/1/012050.
- [19] N. Yeen Gavin Lai, K. Hoong Wong, D. Halim, J. Lu, and H. Siang Kang, "Industry 4.0 Enhanced Lean

- Manufacturing,” *Proc. 2019 8th Int. Conf. Ind. Technol. Manag. ICITM 2019*, pp. 206–211, 2019, doi: 10.1109/ICITM.2019.8710669.
- [20] D. Rahmanasari, W. Sutopo, and J. M. Rohani, “Implementation of Lean Manufacturing Process to Reduce Waste: A Case Study,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1096, no. 1, p. 012006, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1096/1/012006.
- [21] C. E. Pérez-Pucheta, E. Olivares-Benitez, H. Minor-Popocatl, P. F. Pacheco-García, and M. F. Pérez-Pucheta, “Implementation of lean manufacturing to reduce the delivery time of a replacement part to dealers: A case study,” *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 18, 2019, doi: 10.3390/app9183932.
- [22] D. Behnam, A. Ayough, and S. H. Mirghaderi, “Value stream mapping approach and analytical network process to identify and prioritize production system’s Mudass (case study: natural fibre clothing manufacturing company),” *J. Text. Inst.*, vol. 109, no. 1, pp. 64–72, 2018, doi: 10.1080/00405000.2017.1322737.
- [23] I. W. R. Taifa and T. N. Vhora, “Cycle time reduction for productivity improvement in the manufacturing industry,” vol. 6, no. 2, pp. 147–164, 2019, doi: 10.22116/JIEMS.2019.93495.
- [24] N. Burney, O. Mohammed, and N. Al-Mussallam, “Productivity in manufacturing industries in Kuwait,” *Econ. Internazionale / Int. Econ.*, vol. 59, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [25] M. R. Suryoputro, T. C. Ginanjar, and A. D. Sari, “Combining Time and Physical Workload Analysis on Cold Press Working Group for Operator Management in Manufacturing Company,” *MATEC Web Conf.*, vol. 221, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201822102007.
- [26] Y. Rachmuddin, D. S. Dewi, and R. S. Dewi, “Workload analysis for laboratory and sample house employees in mining industry using full-time equivalent,” *Proc. Int. Conf. Ind. Eng. Oper. Manag.*, pp. 1979–1984, 2021.
- [27] S. I. Wahidi, S. R. W. Pribadi, T. W. Pribadi, N. L. A. Wardhana, and M. S. Arif, “Fixed Manpower Reduction Analysis to Reduce Indirect Cost of Ship Production,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1052, no. 1, p. 012048, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1052/1/012048.