Jurnal Riset Multidisiplin Edukasi
https://journal.hasbaedukasi.co.id/index.php/jurmie
Halaman : 1005 - 1022

Identifikasi Aktivitas Pemborosan pada Proses Perakitan *Tube Bundle Heat Exchanger* E-201-22AB Menggunakan Pendekatan *Process Activity Mapping* (PAM)

Anak Agung Dwihana Putra[1], Ni Luh Putu Lilis Sinta Setiawati[2], Ni Made Cyntia Utami[3]
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Udayana[1,2,3]
Email: dwihana.putra34@student.unud.ac.id[1], lilissintasetiawati@unud.ac.id[2], nmcyntiautami@unud.ac.id[3]

Informasi

Volume : 2
Nomor : 7
Bulan : Juli
Tahun : 2025
E-ISSN : 3062-9624

Abstract

Meeting client demand is the primary goal of any company, one of which is through timely service. PT Intan Prima Kalorindo, a company worked in the production of heat exchangers, often fails to meet product delivery targets due to wasteful activities during the assembly of the E-201-22AB tube bundle heat exchanger. This study aims to identify types of waste occurring in the assembly process of the E-201-22AB tube bundle heat exchanger using the Process Activity Mapping (PAM) approach. The data collection techniques used were direct observation and interviews with operators and supervisors. The data were then classified using the PAM method. Based on PAM, 32 activities were identified, with the majority of operations at the workstations being value-added (VA) activities, totaling 2,647 minutes (66.3%), while non-value-added (NVA) activities totaled 1,040 minutes (26%) and necessary but non-value-added (NNVA) activities totaled 307 minutes (7.7%). The study results revealed two types of waste identified in the assembly process: defective products due to leaks during hydrostatic testing and waiting for materials. Further analysis using a fishbone diagram showed various causes of these wasteful activities, including human, machine, method, and environmental factors. Based on the identified root causes, various improvement recommendations were proposed to eliminate waste in the assembly process of the E-201-22AB tube bundle heat exchanger.

Keyword: *Fishbone Diagram, Waste, Assembly, Process Activity Mapping, Tube Bundle Heat Exchanger*

Pemenuhan permintaan klien adalah tujuan utama dari setiap perusahaan, salah satunya dari aspek ketepatan waktu layanan. PT Intan Prima Kalorindo adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang produksi alat penukar panas, perusahaan ini seringkali tidak mampu memenuhi target waktu pengiriman produk ke klien karena adanya aktivitas pemborosan saat perakitan produk tube bundle heat exchanger E-201-22AB. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis pemborosan yang terjadi pada proses perakitan tube bundle heat exchanger E-201-22AB menggunakan pendekatan Process Activity Mapping (PAM). Teknik pengumpulan datanya adalah observasi langsung dan wawancara dengan operator dan supervisor. Data selanjutnya diklasifikasikan dengan metode PAM. Berdasarkan PAM, diperoleh 32 aktivitas dengan kegiatan operasi pada stasiun kerja didominasi oleh

aktivitas yang menambah nilai (value added, VA) dengan total waktu sebesar 2.647 menit (66,3%), sedangkan aktivitas yang tidak menambah (non-value added, NVA) sebesar 1.040 menit (26%) dan aktivitas yang diperlukan namun tidak memberikan nilai tambah (necessary but non-value added, NNVA) sebesar 307 menit (7,7%). Hasil penelitian mengungkapkan adanya dua jenis pemborosan yang teridentifikasi pada proses perakitan yaitu adanya produk cacat akibat terjadinya kebocoran saat hydrostatic test dan adanya aktivitas menunggu material. Selanjutnya, hasil analisis dengan diagram tulang ikan menunjukkan bahwa terdapat berbagai penyebab dari aktivitas pemborosan tersebut mulai dari aspek manusia, mesin, metode, lingkungan. Mengacu pada akar masalah yang teridentifikasi, didapatkan berbagai rekomendasi perbaikan yang diusulkan untuk menghilangkan pemborosan pada proses perakitan tube bundle heat exchanger E-201-22AB.

Kata Kunci: *Diagram Tulang Ikan, Pemborosan, Perakitan, Process Activity Mapping, Tube Bundle Heat Exchanger*

A. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi dan sistem komunikasi menjadi pendorong utama dari kemajuan signifikan berbagi bidang industri. Akibatnya, kompetisi antar perusahaan menjadi semakin intens. Untuk bertahan dalam persaingan yang ketat ini, setiap perusahaan harus mampu memproduksi barang-barang bermutu tinggi dan memastikan produk dikirim tepat waktu ke tangan pelanggan. Kualitas produk dan jasa dari perusahaan menentukan kepercayaan pelanggan dan membentuk loyalitas pelanggan. Hal ini memicu para produsen terutama perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur untuk dapat beroperasional secara terstruktur. Untuk memastikan kelancaran proses produksi dalam suatu fasilitas manufaktur, penyeimbangan lini produksi merupakan aspek yang krusial. Hal ini berperan penting dalam menjamin efisiensi dan efektivitas kegiatan produksi secara keseluruhan [1]. Maka dari itu, peningkatkan produktivitas diperlukan di tengah pesatnya perkembangan sektor industri dewasa ini, hal tersebut menjadi salah satu faktor kritis yang perlu diperhatikan dan dipenuhi oleh setiap perusahaan [2].

Dalam upaya peningkatan produktivitas, penting bagi perusahaan untuk mengetahui kegiatan yang dapat meningkatkan added value atau nilai tambah produk dan menghilangkan pemborosan (waste) pada proses produksi. Pemborosan dapat diartikan sebagai segala hal yang melebihi kebutuhan minimum dari alat, bahan, komponen, area, dan waktu yang benar-benar diperlukan untuk menambah nilai pada suatu produk [3]. Dengan menurunnya

pemborosan, maka proses produksi dapat berjalan lebih efektif dan efisien. Maka dari itu, sangat efektif untuk mengetahui secara rinci setiap waktu dari gerakan yang dilakukan oleh operator selama proses produksi berlangsung sehingga dapat dengan mudah mengkategorikan gerakan tersebut menjadi Value Added (VA), Non-value Added (NVA), atau Necessary but Non-value Added (NNVA) [4].

PT Intan Prima Kalorindo adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang penukar panas dan manufaktur. Untuk menghasilkan suatu produk, perusahaan ini melakukan proses produksi dengan metode perakitan (assembly) yang disusun melalui berbagai stasiun kerja. Untuk saat ini, salah satu produk yang paling banyak diproduksi adalah tube bundle heat exchanger yaitu salah satu tipe dari alat heat exchanger yang banyak digunakan. Alat ini terdiri dari selubung silindris di bagian eksternal dan serangkaian pipa di bagian internal. Penentuan letak fluida, baik di selubung atau pipa, didasarkan pada beberapa faktor seperti kemudahan pembersihan, sifat korosif, tekanan, suhu, jumlah, endapan, serta beberapa kriteria lainnya. Proses ini memungkinkan terjadinya transfer panas antara aliran fluida di dalam dan di luar pipa. Pemilihan alat penukar panas yang tepat dapat mengoptimalkan biaya operasional harian dan pemeliharaan [5].

Dengan permintaan pelanggan yang terus meningkat terhadap produk tube bundle heat exchanger, maka perusahaan harus meningkatkan efisiensi proses produksi sehingga dapat menjadi nilai tambah bagi perusahaan. Terkait dengan proses produksi tube bundle heat exchanger, permasalahan yang sering terjadi adalah waktu operasi yang terlalu lama pada stasiun kerja dalam proses perakitan tube bundle heat exchanger sehingga target waktu pada proses perakitan untuk suatu permintaan kadang tidak tercapai. Berdasarkan observasi dan wawancara dengan karyawan, ditunjukkan bahwa pemborosan tertinggi dalam proses perakitan adalah waktu yang terpakai untuk menunggu material dan menunggu perintah kerja sehingga jadwal yang telah diatur sebelumnya bisa berubah dari target yang ditetapkan.

Untuk menganalisis lebih dalam permasalahan yang terjadi dan memberi solusi optimal agar mampu meningatkan efisiensi proses produksi, maka diperlukan identifikasi aktivitas-aktivitas pemborosan, salah satunya menggunakan metode Process Acitivity Mapping (PAM). PAM berfungsi untuk menggambarkan alur proses produksi dan mengkaji adanya aktivitas

pemborosan. Teknik ini menjadi instrumen penting dalam melakukan pemetaan terperinci untuk proses pemesanan [6]. Penelitian ini bertujuan untuk mengenali dan mengungkap jenis-jenis pemborosan yang sering terjadi di area produksi tube bundle heat exchanger E-201-22AB melalui penerapan metode PAM, untuk selanjutkan ditentukan akar masalah dan melakukan meyusun rekomendasi perbaikan.

TINJAUAN PUSTAKA

Tube Bundle Heat Exchanger

Tube bundle heat exchanger adalah tipe khusus dari penukar panas cangkang dan tabung (shell and tube exchanger), tetapi lebih difokuskan pada bundel tabung yang merupakan inti dari unit pertukaran panas. Alat penukar panas (heat exchanger) merupakan perangkat yang berfungsi mentransfer energi termal antara dua atau lebih fluida dengan suhu berbeda, yaitu fluida bersuhu tinggi dan fluida bersuhu rendah [7]. Alat ini terdiri dari kumpulan pipa yang disusun sejajar dan ditempatkan dalam sebuah selubung. Rancangan ini memungkinkan perpindahan panas yang efisien dan banyak diterapkan di berbagai sektor industri. Tube bundle heat exchanger dapat digunakan dalam berbagai aplikasi industri, termasuk proses kimia, petrokimia, pembangkit listrik, dan masih banyak lagi.

Dalam suatu shell and tube heat exchanger, satu jenis fluida mengalir melalui tabung-tabung kecil, sementara fluida lainnya bergerak di dalam selongsong yang mengelilingi tabung-tabung tersebut. Proses pertukaran panas terjadi antara kedua fluida ini, dengan energi termal berpindah dari fluida yang memiliki temperatur lebih tinggi ke fluida yang temperaturnya lebih rendah [8]. Pemasangan sekat (baffle) umumnya dilakukan untuk meningkatkan efektivitas pertukaran panas. Tujuan utamanya adalah menciptakan aliran fluida yang lebih turbulen dan memperpanjang waktu tinggal (residence time) fluida. Akan tetapi, penggunaan sekat ini memiliki konsekuensi yaitu meningkatnya penurunan tekanan (pressure drop) selama operasi dan menambah beban kerja pompa. Sehingga, diperlukan pengaturan yang cermat terhadap laju alir fluida yang terlibat dalam proses pertukaran panas tersebut.

Salah satu produk yang diproduksi PT Intan Prima Kalorindo adalah tube bundle heat exchanger dengan tag number E201-22AB. Pada proyek ini, klien meminta pembuatan dua produk kembar. Dengan prosedurnya mencakup metode, peralatan, dan bahan yang akan

digunakan untuk proses pembuatan tube bundle dengan persyaratan yang telah ditentukan oleh klien. Gambar 1 menunjukkan produk tube bundle heat exchanger E201-22AB.

Gambar 1. Tube Bundle Heat Exchanger E201-22AB

Jenis-Jenis Pemborosan dan Aktivitas Produksi

Lean terdiri dari tujuh jenis pemborosan yaitu transportation, motion, inventory, waiting, over production, over processing, serta defects sebagai jenis pemborosan. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing pemborosan yang dimaksudkan [9].

Defect (Cacat)

Suatu barang dianggap memiliki kecacatan jika ditemukan kerusakan atau ketidaklengkapan, kekurangan sumber daya manusia saat proses produksi berlangsung, sehingga diperlukannya alokasi tenaga untuk perbaikan ulang, serta adanya staf yang ditugaskan menangani keluhan pelanggan.

Waiting (Menunggu)

Waiting terjadi saat ada jeda dalam proses karena menunggu datangnya bahan baku, data, alat, atau perlengkapan, tanpa melakukan aktivitas yang bernilai tambah.

Inventory (Persediaan yang Tidak Perlu)

Hal ini dapat meliputi penyimpanan stok yang melebihi kapasitas gudang yang telah ditetapkan, kerusakan bahan akibat penyimpanan yang terlalu lama atau pengambilan yang terlalu cepat dari area penyimpanan, atau bahkan bahan yang telah melewati masa kadaluarsanya. Secara umum, faktor-faktor yang menyebabkan persediaan berlebih antara lain: waktu pergantian yang panjang, ketidakseimbangan dalam lini produksi, prediksi yang kurang tepat, atau ukuran batch produksi yang tidak sesuai.

Over Processing (Proses yang Berlebihan)

Ketidaksesuaian ini muncul ketika proses atau metode operasi produksi tidak berjalan sebagaimana mestinya. Hal ini bisa disebabkan oleh penggunaan peralatan yang tidak sesuai dengan fungsinya atau kesalahan dalam prosedur atau sistem operasi. Umumnya, faktor-faktor yang berkontribusi terhadap masalah ini meliputi pemilihan peralatan yang tidak tepat, perawatan peralatan yang tidak memadai, serta kegagalan dalam mengintegrasikan berbagai tahapan operasi.

Motion (Pergerakan yang Berlebihan)

Konsep ini berkaitan dengan aspek ergonomi di lingkungan kerja, di mana pekerja terpaksa melakukan gerakan-gerakan yang sebenarnya bisa dihindari. Contohnya termasuk komponen dan kendali yang terlalu jauh dari jangkauan, penanganan ganda, tata letak yang tidak terstandar, atau pekerja yang harus membungkuk. Umumnya, penyebab utama masalah ini meliputi manajemen tempat kerja yang buruk, metode kerja yang tidak konsisten, serta desain mesin yang kurang memperhatikan aspek ergonomi.

Transportation (Transportasi)

Material dari pemasok biasanya tidak langsung dikirim ke lokasi produksi. Sebaliknya, bahan baku ini disimpan terlebih dahulu di gudang sebelum akhirnya dipindahkan ke area kerja. Akan tetapi, sesuai dengan filosofi Lean, pemasok diharapkan dapat mengirimkan bahan baku tepat waktu dan langsung ke titik penggunaan. Pendekatan ini dikenal sebagai penyimpanan di titik penggunaan.

Over Production (Kelebihan Produksi)

Memproduksi barang dalam jumlah yang melebihi permintaan atau kebutuhan pasar, sehingga mengakibatkan penggunaan sumber daya yang berlebihan untuk produk tersebut.

Aktivitas yang umum berlangsung selama tahap pembuatan produk adalah seperti berikut [10].

1. Value Added (VA), kegiatan yang dipandang konsumen memberikan peningkatan nilai pada produk atau layanan, sehingga mereka bersedia membayar untuk itu. Misalnya, perbaikan kendaraan yang mengalami kerusakan di jalan tol.

2. Non-Value Added (NVA), kegiatan yang tidak menghasilkan peningkatan nilai produk atau layanan dari sudut pandang konsumen. Aktivitas ini dianggap sebagai pemborosan yang perlu dieliminasi dari sistem produksi.
3. Necessary but Non-Value Added (NNVA), kegiatan yang tidak meningkatkan nilai produk atau layanan bagi konsumen, tetapi diperlukan dalam prosedur atau sistem operasi yang ada. Contohnya, pelaksanaan inspeksi pada setiap produk di semua mesin karena penggunaan mesin yang sudah tua.

Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping (PAM) akan menyajikan visualisasi arus material dan data, durasi yang dibutuhkan untuk setiap kegiatan, jarak pergerakan, serta level inventaris produk di setiap fase proses produksi. Metode ini digunakan untuk mengetahui secara detail dari kegiatan yang termasuk ke dalam aktivitas VA, NVA, dan NNVA. Dalam mengidentifikasi dan mengelompokkan kegiatan, terdapat beberapa komponen yang meliputi Operation (O), Transportation (T), Inspection (I), Storage (S) dan Delay (D) [11]. PAM memiliki lima tahapan kunci dalam menganalisis kegiatan produksi yaitu (1) mengkaji alur proses secara menyeluruh; (2) mengenali area-area yang berpotensi menimbulkan pemborosan; (3) mempertimbangkan opsi untuk menyusun ulang pola aliran, termasuk tata letak dan pengaturan kembali; (4) mengevaluasi kebutuhan dan relevansi setiap aktivitas yang dilakukan; dan (5) menganalisis konsekuensi yang mungkin timbul jika aktivitas yang dianggap tidak perlu dihilangkan [12].

Diagram Tulang Ikan (Fishbone Diagram)

Salah satu teknik yang efektif untuk menganalisis akar penyebab suatu masalah adalah diagram tulang ikan (fishbone diagram). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi berbagai kemungkinan penyebab permasalahan dengan cara mengkategorikan faktor-faktor yang umumnya terlibat dalam suatu penelitian. Kategori-kategori ini biasanya mencakup enam aspek utama, yang sering disebut sebagai 5M+1E seperti mesin (machine), manusia (man), metode (method), material (material), pengukuran (measurement), lingkungan (environment) [13]. Diagram tulang ikan yang juga dikenal sebagai diagram sebab akibat adalah sebuah metode analisis yang sistematis [14]. Metode ini memungkinkan dilakukannya pengkajian yang lebih mendalam untuk mengungkap berbagai faktor penyebab suatu permasalahan,

ketidaksesuaian, atau kesenjangan yang terjadi. Selain itu, diagram ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengevaluasi risiko yang mungkin timbul dari setiap penyebab dan sub-penyebab, termasuk dampaknya secara keseluruhan. Penggunaan diagram tulang ikan membantu perusahaan dalam mengidentifikasi semua kemungkinan penyebab suatu masalah dengan menganalisis setiap faktor untuk menentukan yang faktor paling berpengaruh. Setiap komponen yang tergambar pada diagram tulang ikan memiliki permasalahan mendasarnya sendiri. Penggunaan diagram tulang ikan memungkinkan identifikasi akar permasalahan dengan cara yang lebih efisien dan jelas [15].

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di lingkungan industri manufaktur pada PT Intan Prima Kalorindo pada proses perakitan pada produk tube bundle heat exchanger E201-22AB. Langkah-langkah penelitian ini disajikan secara visual melalui diagram alir pada Gambar 2.

Identifikasi Rumusan Masalah dan Tujuan Penelitian

Pada tahap ini, masalah utama dalam proses yang sedang diteliti akan dilakukan identifikasi. Ini merupakan langkah penting bagi peneliti untuk memastikan fokus penelitian tepat sasaran. Kemudian setelah masalah didentifikasi, maka tujuan peneltian dirumuskan untuk menetapkan capaian dalam penelitian ini.

Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Data yang diperlukan untuk penelitian ini dikumpulkan. Data primer dikumpulkan dengan observasi dan wawancara dengan operator dan supervisor. Data sekunder yang diperoleh ialah berupa dokumentasi terkait proses perakitan dan data drawing project Tube Bundle Heat Exchanger E201-22AB.

Penyusunan Process Acivity Mapping dan Klasifikasi Jenis Aktivitas

Tahap dimana setiap aktivitas dalam proses perakitan dipetakan untuk memahami alur kerja dan mengidentifikasi aktivitas yang ada. Setelah itu, diklasifikasikan menjadi aktivitas VA, NVA, dan NNVA. Ini dapat membantu dalam mengidentifikasi area-area yang dapat diperbaiki.

Identifikasi Penyebab Pemborosan

Langkah ini melibatkan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab utama dari waste yang teridentifikasi. Penyusunan diagram tulang ikan adalah teknik yang diterapkan

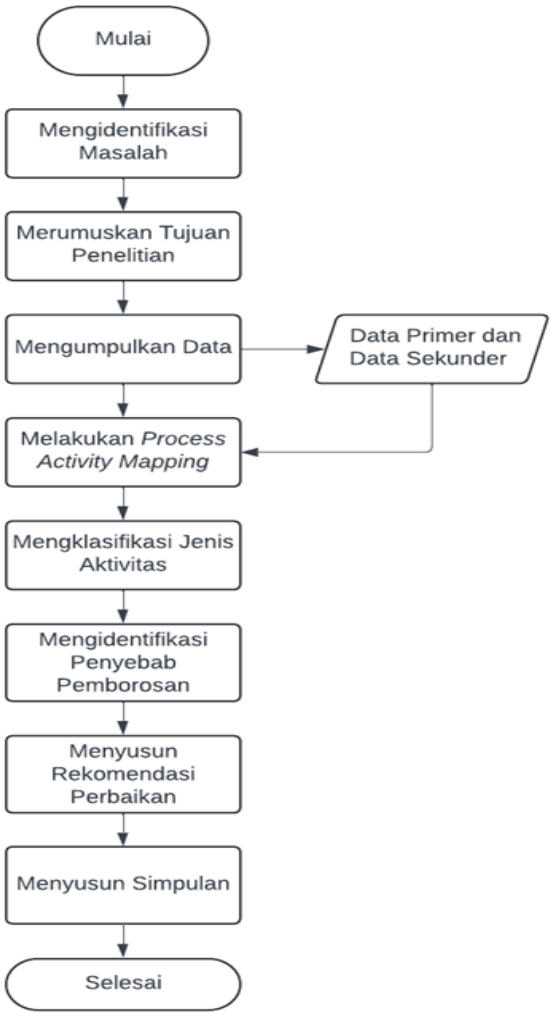
untuk mengidentifikasi akar masalah yang mengakibatkan terjadinya pemborosan.

Penyusunan Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan hasil identifikasi penyebab pemborosan, rekomendasi perbaikan disusun untuk mengurangi atau menghilangkan pemborosan yang terjadi. Rekomendasi ini bertujuan sebagai solusi dan evaluasi untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas dalam proses perakitan tube bundle heat exchanger kedepannya.

Penyusunan Simpulan

Penyusunan kesimpulan dari penelitian dibuat berdasarkan hasil analisis dan rekomendasi yang telah disusun. Kesimpulan ini merangkum temuan utama dari penelitian dan memberikan gambaran menyeluruh tentang waste yang terjadi serta solusi yang diusulkan.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Process Activity Mapping (PAM)

Metode ini digunakan untuk menggambarkan rangkaian tahapan proses perakitan dan mengevaluasi aktivitas pemborosan. PAM dianalisis berdasarkan informasi yang dihimpun melalui pengamatan langsung terhadap keseluruhan aktivitas di area produksi dan pencatatan durasi secara real-time. Berikut adalah kaitan antara aktivitas O, T, I, S, dan D dengan klasifikasi VA, NVA, dan NNVA.

1. Operation (O) merupakan klasifikasi VA karena aktivitas ini menambah nilai langsung pada produk akhir. Misalnya, pemasangan komponen pada tube bundle heat exchanger.
2. Transportation (T) dikategorikan sebagai bagian NNVA karena aktivitas tidak memberikan nilai tambah namun diperlukan untuk memindahkan bahan atau komponen dari satu tempat ke tempat lain dalam proses produksi.
3. Inspection (I) termasuk klasifikasi NNVA mengingat pentingnya inspeksi dalam menjamin mutu dan menghindari kesalahan, meskipun tidak secara langsung meningkatkan nilai produk akhir.
4. Storage (S) termasuk pada klasifikasi NVA karena aktivitas ini tidak secara langsung meningkatkan nilai produk jadi, namun justru memperlama proses dan menambah pengeluaran dalam pembuatan.
5. Delay (D) termasuk ke dalam klasifikasi karena penundaan atau waktu tunggu tidak menambah nilai langsung pada produk akhir dan sebaiknya diminimalkan atau dihilangkan.

PAM untuk proses perakitan tube bundle heat exchanger E201-22AB ditunjukkan Tabel I.

TABEL I PROCESS ACTIVITY MAPPING PERAKITAN TUBE BUNDLE HEAT EXCHANGER E201-22AB

No	Aktivitas	Waktu (Menit)	Aktivitas					Klasifikasi		
			O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
1	Menunggu Kedatangan Material	960					X		X	
2	Pengumpulan dan Penempatan Material	15		X						X
3	*Setting* Posisi *Stationery Tube Sheet*	45	X					X		
4	Pemasangan *Longitudinal Seal Strip*	10	X					X		
5	Pemasangan *Longitudinal Baffle*	30	X					X		

No	Aktivitas	Waktu (Menit)	Aktivitas					Klasifikasi		
			O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
6	Memindahkan *Baffle* dari mesin CNC ke area perakitan	20		X						X
7	Penghalusan lubang *Baffle* dengan mesin *Radial Drilling*	120	X							X
8	Pemindahan *Tube Spacer* dari tempat Mesin Bubut	15		X						X
9	Memasukkan *Tie Rod* bagian atas dan bawah	20	X					X		
10	Pemasangan *Baffle* dan *Tube Spacer* untuk bagian bawah *Longitudinal Baffle*	25	X					X		
11	Pemasangan *Baffle* dan *Tube Spacer* untuk bagian atas *Longitudinal Baffle*	25	X					X		
12	Memasukan *Sealing Rod*	10	X					X		
13	Pemasangan *Support Baffle*	5	X					X		
14	Memasukkan Seluruh *Tube*	150	X					X		
15	*Setting* Posisi *Floating Tube Sheet*	30	X					X		
16	Pemasangan *Sliding Shoe*	25	X					X		
17	Pemasangan *Sealing Strip*	32	X					X		
18	Pemasangan *Longitudinal Bolt*	35	X					X		
19	Pembekokan *Impingment Plate* dengan mesin Bending	3	X					X		
20	Pemasangan *Impingement Plate*	7	X					X		
21	Pemasangan *Lifting Lug*	5	X					X		
22	*Strenght Weld*	1440	X					X		
23	*Expand* pada *Tube*	480	X					X		
24	Pengecekan diameter *Tube* setelah di *Expand*	25			X					X
25	Pemasangan *Split Ring* menggunakan mesin *Crane*	37		X				X		
26	Penyatuan *Split Ring* dengan *Channel Head Cover*	64	X					X		
27	Penyatuan *Channel Head Cover* dengan *Blind Flange* menggunakan baut dan torsi	69	X					X		
28	Pemasangan *Split Ring* di area *Floating Tube Sheet*	35	X					X		
29	Penyatuan *Split Ring* dengan *Floating Head Cover* menggunakan baut dan torsi	65	X					X		
30	Kebocoran saat proses *Hydrostatic Test*	80			X				X	

No	Aktivitas	Waktu (Menit)	Aktivitas					Klasifikasi		
			O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA
31	Pengencangan baut pada area kebocoran	32								X
32	Pengulangan proses *Hydrostatic Test*	80			X					X

Rekapitulasi Process Activity Mapping

Mengacu pada Tabel I, diperoleh sebanyak 32 aktivitas dalam proses perakitan satu tube bundle heat exchanger E201-22AB dengan rekapitulasi persentase ditunjukkan pata Tabel II. Aktivitas yang memberikan nilai tambah (VA) mendominasi proses di area kerja, dengan durasi keseluruhan mencapai 2.647 menit (66,3%) sehingga dapat dikatakan bahwa sebagian besar aktivitas perakitan menambah nilai produk. Terdapat nilai NVA yang merupakan sumber utama terjadinya pemborosan dari proses perakitan tube bundle heat exchanger E201-22AB yaitu menunggu material dan kebocoran saat hydrostatic test.

Tabel II REKAPITULASI PROCESS ACTIVITY MAPPING

Aktivitas	Jumlah	Persentase (%)	Waktu (Menit)	Persentase (%)
VA	23	71,9	2647	66,3
NVA	2	6,2	1040	26
NNVA	7	21,9	307	7,7
Total	**32**	**100**	**3994**	**100**

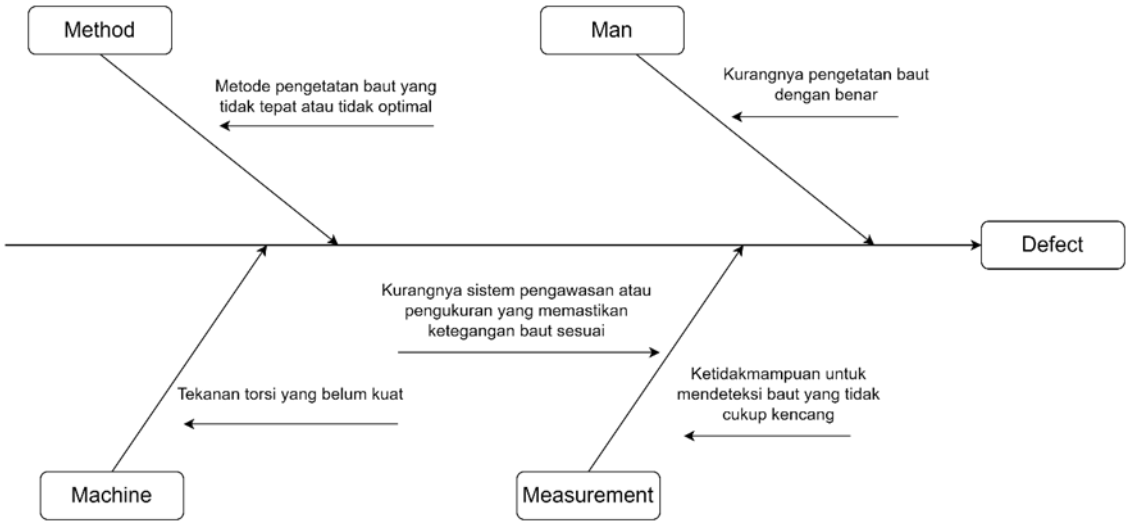
Identifikasi Penyebab Pemborosan

Mengacu pada Tabel I, aktivitas NVA yang menyebabkan pemborosan adalah menunggu material dan terjadinya kebocoran saat hydrostatic test sehingga akan dilakukan analisis diagram tulang ikan untuk memahami penyebab dari pemborosan tersebut.

Diagram Tulang Ikan Pemborosan akibat Kebocoran saat Hydrostatic Test

Analisis PAM mengungkapkan adanya aktivitas dengan klasifikasi NVA berupa kebocoran pada proses hydrostatic test, yang teridentifikasi langsung oleh klien. Jenis pemborosan tersebut dikategorikan sebagai produk cacat. Untuk menyelidiki akar penyebab permasalahan secara komprehensif, dilakukan analisis lanjutan menggunakan diagram tulang ikan guna mengurai berbagai faktor potensial yang berkontribusi terhadap terjadinya kebocoran

tersebut. Gambar 3 menunjukkan diagram tulang ikan untuk mengidentifikasi penyebab produk cacat akibat kebocoran saat hydrostatic test.



Gambar 3. Fishbone Diagram Penyebab Defect

Berdasarkan Gambar 3, berikut ini adalah penjelasan dari setiap cabang yang menjadi penyebab terjadinya produk cacat akibat kebocoran saat hydrostatic test.

1. **Method (Metode)**

   Metode pengetatan baut yang tidak tepat atau tidak optimal disebabkan oleh metode yang digunakan untuk mengencangkan baut tidak efisien dan membutuhkan tenaga lebih sehingga menyebabkan masalah atau cacat.

2. **Man (Manusia)**

   Kurangnya pengetatan baut dengan benar disebabkan oleh kekurangan dalam pelaksanaan pengetatan baut oleh karyawan dan ketdaksesuaian terhadap prosedur yang diterapkan.

3. **Machine (Mesin)**

   Tekanan torsi yang belum kuat mengindikasikan bahwa alat yang digunakan untuk mengencangkan baut tidak menghasilkan tekanan torsi yang cukup.

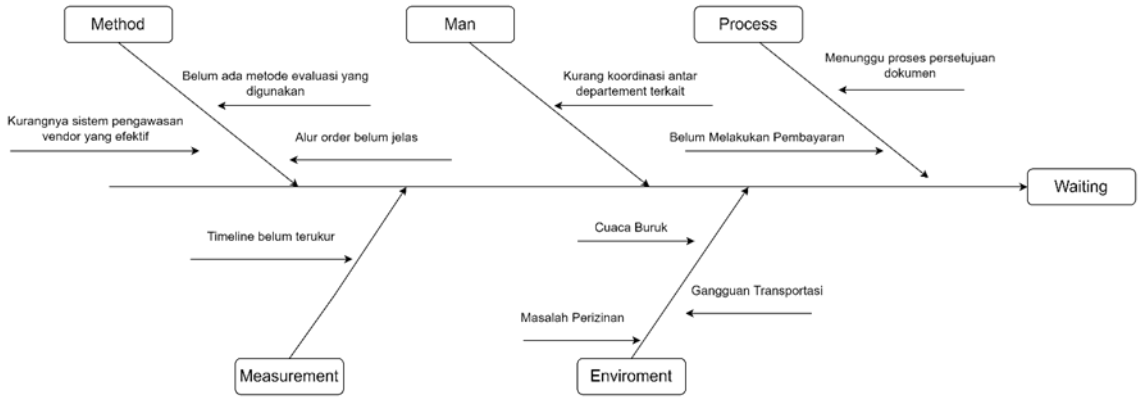
4. **Measurement (Pengukuran)**

   Kurangnya sistem pengawasan atau pengukuran yang memastikan ketegangan baut sesuai menunjukkan kurangnya sistem untuk memantau atau mengukur apakah baut telah dikencangkan dengan tingkat ketegangan yang benar. Sedangkan ketidakmampuan

untuk mendeteksi baut yang tidak cukup kencang menunjukkan adanya kekurangan dalam kemampuan untuk mendeteksi apakah baut sudah dikencangkan dengan benar atau tidak.

Diagram Tulang Ikan Pemborosan akibat Menunggu Material

Berdasarkan hasil dari analisis PAM pada proses perakitan tube bundle heat exchanger E201-22AB, menunjukkan adanya aktivitas NVA berupa waktu tunggu material yang dikategorikan jenis pemborosan waiting. Gambar 4 menunjukkan diagram tulang ikan untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya aktivitas menunggu material.



Gambar 4. Fishbone Diagram Penyebab Waiting

Gambar 4 digunakan untuk mengidentifikasi penyebab potensial dari NVA dari aktivitas menunggu material. Berikut adalah penjelasan dari setiap cabang pada diagram tersebut.

1. **Method (Metode)**

   Tidak terdapat metode evaluasi proses pengiriman material dari vendor sehingga dapat menyebabkan penundaan pengiriman.

2. **Man (Manusia)**

   Kurangnya komunikasi dan koordinasi antara departemen yang terlibat sehingga menyebabkan penundaan dalam proses transportasi material.

3. **Process (Proses)**

   Menunggu proses persetujuan dokumen menunjukkan bahwa ada penundaan karena proses persetujuan dokumen yang lambat. Sedangkan, belum melakukan pembayaran menunjukkan bahwa penundaan terjadi karena pembayaran belum dilakukan, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam pengiriman barang atau layanan.

4. **Measurement (Pengukuran)**

   Timeline belum terukur berarti bahwa waktu yang diperlukan untuk setiap langkah dalam proses belum diukur dengan tepat sehingga sulit untuk mengidentifikasi kedatangan material.

5. **Environment (Lingkungan)**

   Cuaca buruk menunjukkan bahwa kondisi cuaca yang buruk dapat menyebabkan penundaan, terutama dalam pengiriman atau transportasi. Sedangkan gangguan transportasi berarti bahwa masalah dalam transportasi, seperti kemacetan atau gangguan di perjalanan menjadi salah satu faktor yang menyebabkan keterlambatan pengiriman material. Masalah perizinan menunjukkan bahwa masalah dalam mendapatkan izin atau dokumen resmi dapat menyebabkan permasalahan dalam proses.

Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan disusun berdasarkan hasil identifikasi penyebab terjadinya aktivitas NVA. Berikut adalah rincian rekomendasi yang disarankan untuk menurunkan atau menghilangkan aktivitas yang menyebabkan pemborosan.

Rekomendasi Perbaikan pada Produk Cacat akibat Kebocoran saat Hydrostatic Test

Berikut beberapa rekomendasi perbaikan sebagai langkah-langkah untuk mengatasi dan mengurangi kemunculan produk defect.

- Method: melakukan peninjauan kembali terkait teknik dan prosedur pengencangan baut yang digunakan selama hydrostatic test agar sesuai dengan standar dan mempelajari dari pengalaman untuk mencegah kejadian serupa terjadi kembali.
- Machine: memeriksa tekanan torsi, diatur sedemikian rupa sehingga dapat memberikan tekanan sesuai yang dibutuhkan atau bisa menggunakan alat Hydarulic Torque Wrench untuk membuat pekerjaan lebih efisien dengan minimnya usaha fisik yang diperlukan.
- Measurement: melakukan pemantauan secara langsung selama proses pengencangan untuk memastikan bahwa pengukuran dilakukan dengan benar dan akurat, serta melakukan pengujian tambahan pada perangkat dan alat pengukur untuk memastikan hasil pengukuran yang akurat dalam kondisi yang berbeda-beda.

- Man: memastikan bahwa karyawan yang bertanggung jawab untuk melakukan pengukuran dan harus memahami teknik yang tepat dalam mengencangkan baut agar tidak terjadi kebocoran saat melakukan hydrostatic test di depan klien.

Rekomendasi Perbaikan pada Pemborosan akibat Aktivitas Menunggu Material

Sedangkan dalam evaluasi terjadinya pemborosan akibat aktivitas menunggu material, didapatkan beberapa rekomendasi perbaikan sebagai berikut.

- Method: melakukan pengawasan kondisi pasokan secara teratur dan identifikasi risiko potensial yang dapat menyebabkan keterlambatan untuk mengetahui dengan cepat jika ada masalah.
- Measurement: membuat timeline yang terukur untuk menerapkan tindakan perbaikan dengan menentukan batas waktu yang realistis serta memperhitungkan sumber daya yang tersedia dalam menetapkan timeline.
- Man: antar departemen melakukan kerja sama, kolaborasi, dan koordinasi secara rutin dalam mengidentifikasi, menanggapi, dan memecahkan masalah yang muncul selama proses pengiriman material.
- Environment: membuat rencana darurat yang merinci tondakan yang akan diambil jika terjai gangguan lingkungan yang mengakibatkan keterlambatan serta menjadi bahan evaluasi untuk memilih pemasok dengan rute pengiriman yang lebih aman.
- Process: melakukan proses penyelesaian dokumen dan pembayaran secara tepat dan sesuai waktu yang ditentukan supaya tidak ada hambatan terkait proses pengiriman material.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan process activity mapping pada proses perakitan tube bundle heat exchanger E-201-22AB di PT Intan Prima Kalorindo, ditemukan bahwa terdapat 32 aktivitas yang perlu dilakukan pada proses perakitan dengan nilai persentase value added (VA) sebesar 66,3% dengan waktu 2.647 menit, necessary but non-value added (NNVA) sebesar 7,7% dengan waktu 307 menit, dan non-value added (NVA) sebesar 26% dengan waktu 1.040 menit. Berdasarkan penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa mayoritas proses perakitan terdiri dari kegiatan yang berkontribusi pada peningkatan nilai produk. Akan tetapi, ditemukan dua jenis

aktivitas pemborosan yang berpengaruh terhadap proses perakitan yaitu adanya produk cacat akibat kebocoran saat hydrostatic test dan adanya aktivitas menunggu kedatangan material. Maka dari itu, dilakukan analisis penyebab pemborosan menggunakan diagram tulang ikan sehingga dapat disusun rekomendasi perbaikan yang relevan dengan akar masalah.

E. DAFTAR PUSTAKA

[1] Y. Hapid dan Supriyadi, "Optimalisasi Keseimbangan Lintasan Produksi Daur Ulang Plastik Dengan Pendekatan Ranked Positional Weight," Jurnal INTECH, vol. 7, no. 1, pp. 65-72, 2021.

[2] M. D. V. Banggur, "Blended Learning : Solusi Pembelajaran Di Era Revolusi Industri 4.0," J, vol. 3, no. 2, pp. 22-29, 2020.

[3] F. Faujiyah dan F. I. Maulana, "Dapatkah Service Value Stream Management (SVSM) Di Aplikasikan Pada Jasa Service Kendaraan Bermotor Sebuah Ulasan Dari SVSM," TEDC, vol. 11, no. 3, pp. 41-48, 2017.

[4] H. Murnawan, B. Maulana dan A. Ibrahim B, "Analisa Process Activity Mapping Sebagai Acuan Perbaikan Production Time Di PT XYZ," SEMNASTI, vol. 1, no. 4, pp. 1-15, 2023.

[5] R. D. P. Nugroho, S. Rulianah, Raharjo dan C. Sindhuwati, "Evaluasi Faktor Kekotoran Pada Heat Exchanger-03 Crude Distilation Unit Di PPSDM Migas Cepu," Jurnal Teknologi Separasi, vol. 8, no. 5, pp. 64-71, 2021.

[6] Y. U. Kasanah dan P. P. Suryadhini, "Identifikasi Pemborosan Aktivitas Di Lantai Produksi PSR Menggunakan Process Activity Mapping dan Waste Assessment Model," Jurnal INTECH, vol. 7, no. 6, pp. 95-102, 2021.

[7] A. Epriansyah, A. Pupu, I. M. Alfandi dan E. Ningsih, "Analisa Heat Exchanger Jenis Shell And Tube Dengan Aliran Counter Curent," Prosiding SENASTITAN, vol. 4, no. 7, pp. 1-8, Maret 2024.

[8] F. Lubis dan S. Lubis, "Analisis Baffle Cut Pada Alat Penukar Kalor Shell And Tube Pada Susunan Tabung Segi Empat," Jurnal Mesil, vol. 3, no. 8, pp. 39-44, 2021.

[9] D. A. Dhika, A. Witonohadi dan A. D. Akbari, "Usulan Perbaikan Warehouse Menggunakan Pendekatan Lean Untuk Mengeliminasi Pemborosan Di Warehouse

Utama PT. XYZ," Jurnal Optimasi Sistem Industri, vol. 1, no. 8, pp. 94-109, 2023.

[10] D. Nurdiansyah, S. N. Fatimah, H. Nurwiyanti dan M. Fauzi, "Usulan efisiensi waste proses produksi bed sheet di pt. abc menggunakan metode value stream mapping," Jurnal Bayesian, vol. 2, no. 9, pp. 93-106, Maret 2022.

[11] F. Ramadhan, E. Prasetyaningsih dan C. R. Muhammad, "Penerapan Konsep Lean Manufacturing Untuk Mereduksi Waste Pada Proses Produksi Simbal Drum," Industrial Engineering Science, vol. 2, no. 11, pp. 111-121, 2022.

[12] Y. Maulana, "Identifikasi Waste Dengan Menggunakan Value Stream Mapping Pada Industri Perumahan," Jurnal JIEOM, vol. 02, no. 12, pp. 12-19, November 2019.

[13] S. C. Putri dan E. Purwaningsih, "Analisis Kepuasan Kerja Karyawan UPPJK (Unit Casemix) Rumah Sakit Menggunakan Fishbone Diagrams," Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Nusantara (JPkMN), vol. 4, no. 13, pp. 1649-1654, Maret 2023.

[14] I. Mashabai, Ruspendi dan M. I. Syauqi, "Analisa Permasalahan Sticking Pada Tablet XYZ Menggunakan Metode PDCA Di PT. Sunthi Sepuri," Jurnal Pendidikan dan Aplikasi Industri, vol. 9, no. 13, pp. 19-27, 2022.

[15] R. Bilhammullah dan G. Putra, "Analisa Kegagalan Alat Angkut Scraper Incline Fibre Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di PT Ujong Neubok Dalam," Jurnal Vokasi Teknologi Industri, vol. 4, no. 15, pp. 35-42, 2022.