

IDENTIFIKASI WASTE DENGAN WASTE ASSESMENT MODEL (WAM) DALAM PENERAPAN LEAN MANUFACTURING UNTUK PERBAIKAN PROSES PRODUKSI PENGOLAHAN AIR (Studi Kasus : Unit Instalasi Penjernihan Air Wonotunggal Perumda Air Minum Kabupaten Batang)

Alfito Fakhri Naufal¹, Zainal Fanani Rosyada²

*Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

ABSTRAK

Perumda Air Minum Sendang Kamulyan Kabupaten Batang adalah perusahaan daerah dengan proses bisnis pada sektor pengolahan dan pendistribusian air minum di Kabupaten Batang. Dalam memenuhi kebutuhan air bersih pelanggan, perusahaan dituntut untuk meningkatkan kinerja dan pengelolaan sumber daya agar lebih efisien. Penelitian ini dilakukan untuk mendeteksi adanya pemborosan yang terjadi dalam proses produksi unit Instalasi Penjernihan Air (IPA) Wonotunggal dan memberikan rekomendasi perbaikan minimasi waste. Untuk itu diperlukan pendekatan untuk meminimalisir waste dengan metode lean manufacturing. Dalam mendeteksi waste digunakan kuesioner Waste Assessment Model (WAM), yang terdiri atas 2 kuesioner yaitu Waste Relationship Matrix untuk menentukan keterkaitan antar waste dan Waste Assessment Questionnaire untuk mengetahui waste kritis dalam proses produksi. Waste kritis terdeteksi dalam proses produksi yaitu waste defect, inappropriate motion, inventory, dan transportation. Setelah didapatkan waste kritis yang terjadi, maka akan dilakukan pencarian akar masalah dengan tools Root Cause Analysis (RCA) dan penyusunan langkah perbaikan dengan Failure Mode Effect Analysis (FMEA).

Kata kunci : *Lean Manufacturing, BPM, WAM, RCA, FMEA, waste*

ABSTRACT

[Identification Of Waste Using Waste Assessment Model (Wam) In The Implementation Of Lean Manufacturing For Improving Water Processing Production (Case Study: Wonotunggal Water Treatment Plant Unit, Batang Regional Drinking Water Company)] Sendang Kamulyan Regional Drinking Water Company in Batang Regency is a local company engaged in the processing and distribution of drinking water in Batang Regency. In order to meet the clean water needs of its customers, the company is required to improve its performance and resource management to be more efficient. This research is conducted to detect any wastage that occurs in the production process of the Wonotunggal Water Treatment Plant (IPA) unit and provide recommendations for waste minimization improvements. Therefore, an approach is needed to minimize waste using the lean manufacturing method. In detecting waste, the Waste Assessment Model (WAM) questionnaire is used, which consists of two questionnaires: the Waste Relationship Matrix to determine the interrelationships between wastes and the Waste Assessment Questionnaire to identify critical waste in the production process. Critical wastes detected in the production process include waste defects, inappropriate motion, inventory, and transportation. Once the critical wastes are identified, RCA tools are used to identify the underlying problems and a corrective action plan is developed using FMEA.

Keywords : *Lean Manufacturing, BPM, WAM, RCA, FMEA, waste*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan Umum Daerah (Perumda) Air Minum Sendang Kamulyan Kabupaten Batang adalah perusahaan daerah dengan proses bisnis pada sektor

pengolahan dan pendistribusian air minum di wilayah Kabupaten Batang. Perumda memiliki 5 cabang dan 9 unit, salah satunya adalah Instalasi Penjernihan Air (IPA) Wonotunggal sebagai objek penelitian. Perumda dituntut untuk memiliki kinerja efisien dan kompeten demi memenuhi kepuasan pelanggan. Akan tetapi, terdapat sejumlah masalah dan kekurangan dalam proses pengolahan dan pendistribusian air bersih, yaitu:

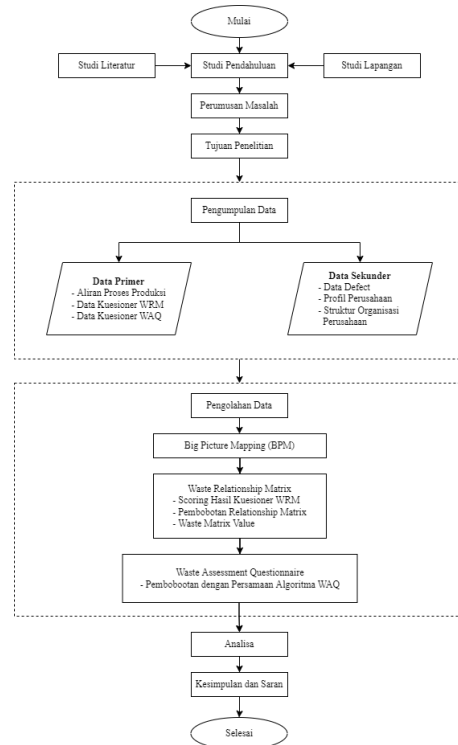
*Penulis Korespondensi

E-mail: rosyada@lecturer.undip.ac.id

- Sistem pendistribusian air yang belum optimal, dilihat dari kelangsungan distribusi air dalam 24 jam yang diterima oleh pelanggan.
- Laporan hasil pengecekan dinas kesehatan menunjukkan pada sejumlah sampel terdapat sisa bahan kimia dan bakteri dalam air cukup tinggi.
- Adanya zat bahan kimia yang disimpan melewati batas kedaluwarsa.
- Sejumlah prosedur masih mengikuti aturan turun-temurun dan belum diperbaharui.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi, maka perlu dilakukan perbaikan sistem pengolahan dan penyediaan air bersih IPA Wonotunggal untuk meningkatkan kinerja, terutama dari segi produksi. Suatu metode yang dapat diterapkan dalam meningkatkan kinerja adalah *lean manufacturing*, yaitu pendekatan secara sistemik dan sistematis yang berfokus untuk mendeteksi dan mengeliminasi segala macam pemborosan dan aktivitas tanpa nilai tambah (*non-value added activities*) yang terjadi selama kegiatan produksi (Gasperz, 2011). Terdapat sejumlah *tools* yang dapat digunakan dalam mempermudah proses penerapan *lean manufacturing* diantaranya adalah *Big Picture Mapping* (BPM), *Waste Relationship Matrix* (WRM), *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ), *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA). BPM dapat diterapkan untuk memetakan aktivitas pada proses produksi, WRM merupakan *tools* untuk mengetahui relasi dari setiap *waste* yang terjadi, sedangkan WAQ dilakukan untuk menentukan *waste* kritis yang terjadi pada proses produksi, RCA dan FMEA digunakan dalam mengidentifikasi sumber utama masalah dari *waste* kritis.

Beberapa penelitian pendahulu terkait dengan minimalisir *waste* pada proses pengolahan air minum PDAM telah dilakukan. Permasalahan pemborosan yang sering terjadi dan menjadi kritis dalam proses produksi air minum yaitu *waste inappropriate processing*, *excessive transportation*, dan *waiting*, dimana penyebab utamanya adalah SOP yang kurang efektif dan ketidaktersediaan alat dan bahan. Solusi yang ditawarkan yaitu perbaikan SOP dan perbaikan sistem pengadaan barang (Deviyanti, 2018). Selanjutnya pada penelitian lain memiliki permasalahan serupa yaitu *waste* kritis terjadi pada *waste inappropriate processing*, *excessive transportation*, dan *waiting*. Pihak PDAM perlu melakukan langkah-langkah baik teknis seperti perawatan pipa dan perbaikan alat, maupun non teknis seperti peningkatan kedisiplinan dan pemberian sanksi tegas, dimana tujuannya adalah untuk memaksimalkan pelayanan air demi memenuhi kepuasan pelanggan (Prisilia, 2014). Metode pendekatan yang dominan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan terkait pemborosan pada proses produksi adalah *Lean Manufacturing* dengan menggunakan *tools* VSM, RCA, dan *seven tools*. Alasan dominan dari penggunaan metode ini adalah keefektifannya yang cukup tinggi dalam mendeteksi dan menghilangkan pemborosan pada biaya produksi maupun semua aktivitas yang kurang bernilai, serta beragamnya alat yang ada, sehingga akan memudahkan dalam proses minimasi pemborosan.



Gambar 1. Flowchart Methodologi Praktikum

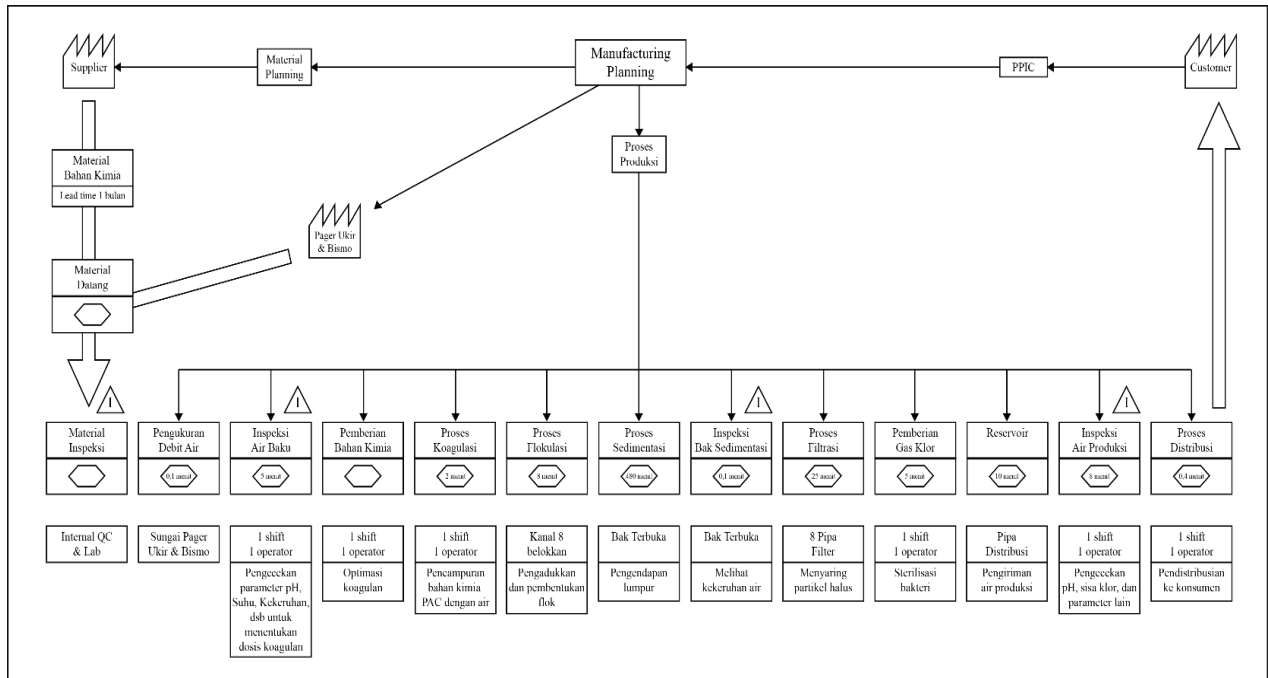
Penelitian dilakukan untuk identifikasi *waste* kritis yang terjadi dalam proses produksi dan mengetahui sumber permasalahan yang menjadi penyebab dengan menerapkan alat *Waste Assessment Model* (WAM). Penggunaan *tools* tersebut terhadap obyek penelitian serupa masih jarang, padahal WAM dapat menunjukkan keterkaitan antar *waste* yang terjadi pada aktivitas produksi dan melihat *waste* mana yang menjadi dominan. Hasil penelitian tersebut kemudian akan menjadi bahan untuk menentukan rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan untuk meminimalisir pemborosan dalam proses produksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian diawali dari studi pendahuluan, perumusan masalah, tujuan penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisa hingga sampai pada kesimpulan dan saran. Proses pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan awal dan melakukan wawancara serta kuesioner dengan responden yang memiliki pengalaman dan berhubungan langsung dengan proses produksi. Responden penelitian ini adalah kepala bagian produksi, kepala sub-bagian sumber dan pengolahan dan staff sub-bagian sumber dan pengolahan. Gambaran alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.

2.1 Big Picture Mapping (BPM)

Big picture mapping (BPM) adalah suatu alat untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) yang terjadi pada proses manufaktur sebuah perusahaan (McWilliams, 2008). Pada penelitian ini, BPM digunakan untuk mengumpulkan data observasi awal dengan cara mengidentifikasi proses baik *value added* atau *non-value added* dimana kemudian akan dianalisis dimana tujuannya adalah untuk mengidentifikasi dan mengeliminasi *waste* yang ada (Saraswat, 2015).



Gambar 2. Big Picture Mapping Proses Produksi IPA Wonotunggal

BPM akan membantu dalam mengetahui aliran nilai produksi secara visual, mengetahui adanya pemborosan, memudahkan pemilihan oleh tim implementasi, mengkaitkan antara aliran informasi dan material, memperlihatkan tingkat *lead time* pada setiap aktivitas yang terjadi di rantai produksi, dan memberikan gambaran terhadap perusahaan terkait dengan solusi eliminasi permasalahan yang dapat diterapkan pada rantai produksi.

2.2 Waste Assessment Model (WAM)

Metode *Waste Assessment Model* memiliki 2 tools yang digunakan yaitu *Waste Relationship Matrix* (WRM) dan *Waste Assessment Questionnaire* (WAQ). WRM merupakan alat matrix untuk melakukan analisa ukuran kriteria relasi antar *waste* yang berlangsung dalam proses produksi (Rawabdeh, 2005). WAQ merupakan metode yang dikembangkan untuk mengelompokkan *waste* yang terjadi dan menentukan *waste* mana saja yang mendominasi dalam suatu proses produksi. Dari hasil observasi awal, terdapat 6 dari *seven waste* yang ada dalam proses produksi, sehingga selanjutnya akan dimasukkan dalam kuesioner WAM.

2.3 Analisa Hasil

Hasil pengolahan data dilakukan berdasarkan dari *big picture mapping* dan *waste assessment model* dan analisis data dengan menggunakan *root cause analysis* dan *failure mode effect analysis*. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, kemudian akan diberikan rekomendasi perbaikan untuk meminimalisir *waste* yang terdapat dalam proses produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi proses produksi IPA Wonotunggal

Tahap identifikasi terhadap proses produksi digambarkan dengan menggunakan *big picture mapping* (BPM). Berdasarkan hasil BPM pada gambar 2 terdapat sejumlah tahapan dalam proses produksi. Sumber air

berasal dari sumber pager ukir dan bismo masuk ke dalam bak thompson/ penampungan sementara. Kemudian air akan melalui sejumlah proses pengolahan mulai dari pengecekan debit, inspeksi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Selanjutnya air akan keluar menuju reservoir dan disalurkan kepada pelanggan melalui pipa distribusi.

3.2 Aliran informasi proses produksi

Adapun aliran informasi yang dimulai dari datangnya *demand* hingga produk air didistribusikan kepada pelanggan sebagai berikut:

1. Bagian humas dan pemasaran akan mendapat data permintaan pemasangan sambungan air dari pelanggan.
2. Bagian humas dan pemasaran akan berkoordinasi dengan bagian PPIC dan produksi terkait dengan perencanaan dan pengadaan material agar permintaan dapat dipenuhi dengan baik.
3. Bagian produksi berdasarkan data *demand*, maka akan melakukan penjadwalan dengan penambahan kapasitas produksi.
4. Dilakukan pengecekan ketersediaan bahan kimia, peralatan pendukung, dan sumber air untuk mengantisipasi fluktuasi *demand* dan *lead time* pendistribusian air kepada pelanggan.
5. Bagian produksi melakukan pemesanan bahan kimia kepada pemasok saat persediaan yang ada mendekati *safety stock*.
6. Bagian produksi menjalankan kegiatan produksi berdasarkan pada *demand* produksi.
7. Air bersih kemudian dimasukkan ke dalam sejumlah penampungan/ reservoir kemudian didistribusikan kepada pelanggan sesuai dengan permintaan yang ada.

3.3 Aliran fisik proses produksi

Adapun aliran fisik yang dimulai dari datangnya *demand* hingga produk air didistribusikan kepada pelanggan sebagai berikut:

1. Bahan kimia dan peralatan dari pemasok akan diterima oleh bagian produksi dan kemudian dilakukan proses pengecekan kualitas untuk memastikan barang datang dalam kondisi baik dan sesuai dengan permintaan perusahaan.
2. Bahan kimia dan alat yang telah dipesan, kemudian disimpan di gudang.
3. Bahan kimia dan peralatan selanjutnya akan dibawa menuju proses produksi sesuai dengan penjadwalan yang dirilis. Bahan kimia dihubungkan dengan selang/pipa yang akan disalurkan ke dalam kontainer.
4. Air dari sumber sungai dialirkan ke dalam bak penampungan awal untuk dilakukan proses penyaringan dan inspeksi awal terhadap benda asing.
5. Bahan kimia berupa PAC dicampurkan ke dalam air dengan cara membuka kran pada kontainer penyimpanan.
6. Dilakukan proses koagulasi atau pencampuran air sumber dengan bahan kimia.
7. Campuran air dan koagulan kemudian masuk ke dalam flokulasi untuk dilakukan proses pengadukkan dan pembentukan flok.
8. Air kemudian masuk ke dalam bak sedimentasi untuk dilakukan proses pengendapan terhadap flok yang sudah berbentuk lumpur.
9. Air yang sudah terpisah dengan lumpur kemudian akan dilakukan inspeksi dan pemindahan ke dalam bak filtrasi untuk menyaring kotoran halus yang masih terdapat dalam air.
10. Air kemudian akan keluar dari bak filtrasi, dicampurkan zat klor, dan menuju ke reservoir.
11. Air hasil produksi akan dilakukan proses inspeksi akhir untuk melihat tingkat pH dan sisa klor sebelum disalurkan ke pelanggan.

3.4 Identifikasi waste

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara telah didapatkan 6 waste yang terjadi pada proses produksi sebagai berikut:

Persediaan tidak perlu (*Waste Inventory*)

- Persediaan bahan kimia berlebih hingga mencapai tanggal kedaluwarsa
- Bahan tidak terpakai berserakan di area produksi

Cacat (*Waste Defects*)

- Tingkat bakteri & sisa klor cair pada air cukup tinggi
- Gerakan yang tidak perlu (*Waste Motion*)
- Masih terdapat proses turun-temurun dari operator periode sebelumnya
 - Pekerja bolak-balik ke kantor pusat untuk mengurus administrasi

Transportasi (*Waste Transportation*)

- Pemeriksaan uji kualitas air dan berbagai tempat operasional yang berjarak jauh

Proses tidak sesuai (*Waste inappropriate processing*)

- Pengurusan dilakukan secara manual
- Pemberian bahan kimia dilakukan manual dengan melihat reaksi kadar yang diberikan pada reaksi

Waktu tunggu (*Waste Waiting*)

- Menunggu tenaga mekanik dalam proses perbaikan kerusakan
- Menunggu proses pengadaan alat dan bahan

3.5 Identifikasi keterkaitan antar waste

Waste relationship matrix (WRM) dipakai untuk melihat derajat keterkaitan antar waste. Setiap baris menunjukkan keterkaitan waste satu dengan waste lainnya dan setiap kolom akan mengindikasikan suatu waste yang disebabkan oleh waste lainnya. Rekap hasil kuesioner *waste relationship matrix* (WRM) untuk melihat keterkaitan dari setiap waste dalam proses produksi tertera pada tabel 1.

Tabel 1. *Waste Relationship Matrix*

F/T	I	D	M	T	P	W	Skor	%
I	6	6	6	6	0	0	24	16,67
D	4	6	8	4	0	4	26	18,06
M	0	4	6	0	6	4	20	13,89
T	0	6	6	6	0	10	28	19,44
P	6	10	4	0	6	6	32	22,22
W	4	4	0	0	0	6	14	9,72
Skor	20	36	30	16	12	30	144	100
%	13,89	25	20,83	11,11	8,33	20,83	100	

Dari tabel 1, nilai "from" terbesar terletak pada *from process, from transportation, from defect, dan from inventory* dimana keempatnya menjadi penyebab dari timbulnya waste pada rantai produksi. Kemudian untuk nilai *to* terbesar terletak pada *to defect*, yang berarti bahwa dampak pemborosan terbesar akan menyebabkan pada kemunculan *waste defect*.

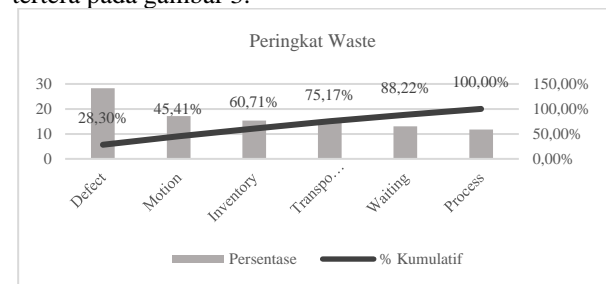
3.6 Identifikasi waste kritis

Nilai waste dalam *waste relation matrix* akan dipakai sebagai penilaian atau bobot awal dalam *waste assessment questionnaire* berdasarkan jenis pertanyaan. Terdapat 30 pertanyaan dalam kuesioner WAQ yang telah sesuai dengan kondisi dan dikategorikan berdasarkan kelompok waste untuk setiap pertanyaan yang ada. Kuesioner ini digunakan untuk menentukan tingkat waste kritis yang terjadi dalam proses produksi. Rekap hasil perhitungan kuesioner *waste assesment questionnaire* (WAQ) untuk mengetahui hubungan dari waste kritis dalam proses produksi tertera pada tabel 2.

Tabel 2. *Waste Assesment Questionnaire*

	I	D	M	T	P	W
Yj	0,74	0,70	0,66	0,75	0,71	0,72
Pj	231,48	451,39	289,35	216,05	185,19	202,55
Yj final	170,54	315,45	190,8	161,13	131,33	145,51
Rslt %	15,3	28,3	17,12	14,45	11,78	13,05
Rank	3	1	2	4	6	5

Dengan menggunakan data hasil kuisisioner WAQ tabel 2, dapat disimpulkan bahwa urutan dominasi waste yang terjadi dalam proses produksi air seperti yang tertera pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Peringkat Waste Kritis

Tabel 3. Root Cause Analysis

Waste	Sub waste	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Defect	Terdapat bakteri dan sisa klor cair dalam air pelanggan yang melebihi standar batas	Proses pemberian koagulan dan gas klor tidak dilakukan dengan tepat	Pemberian koagulan dilakukan secara manual menggunakan <i>feeling</i>	Belum ditentukan kadar optimum terhadap koagulan	Tidak dilakukan proses pendataan terhadap kadar koagulan	Kesadaran perusahaan dan karyawan kurang
			Sistem pemberian gas klor belum terkoordinasi dan terjadwal dengan baik	Kurang dilakukan evaluasi terhadap SOP secara berkala	Keterbatasan dana dan sumber daya manusia	
			Karakteristik air mudah berubah	Kerusakan pada sistem produksi	Kondisi cuaca tidak menentu	
			Pengecekan air tidak dilakukan rutin	Keterbatasan alat pengujian air	Keterbatasan dana dan SDM	
Motion	Pekerja bolak-balik ke kantor pusat	Urusan administrasi masih dilakukan di kantor pusat	Belum terdapat sistem informasi yang memadai			
	Mondar mandir di tempat kerja	Sebagian besar proses produksi masih mengikuti aturan turun temurun	Kurang dilakukan evaluasi terhadap SOP secara berkala	Keterbatasan sumber daya manusia		
	Pekerja menganggur	Tidak ada pekerjaan	Jam sibuk terjadi pada pagi dan sore hari	Pemerataan pekerja belum dilakukan	Manajemen perusahaan kurang baik	
Inventory	Bahan kedaluwarsa	Tidak adanya pengecekan secara teratur	Manajemen perusahaan kurang baik			
		Pembelian bahan berlebih	Kurang perencanaan pembelian kebutuhan	Manajemen perusahaan kurang baik		
	Sisa bahan menumpuk	Tidak ada SOP penanganan material selesai pakai	Keterbatasan dana dan sumber daya			
Transportation	Pekerja bolak-balik ke reservoir	Pekerjaan banyak tetapi terfokus di waktu tertentu	Jumlah pekerja di setiap shift sibuk terbatas	Pemerataan beban kerja belum dilakukan	Manajemen perusahaan kurang baik	
	Jarak lokasi pengujian air jauh	Tidak diberlakukan sistem pengumpulan sampel	Pengambilan sampel bersifat acak dan kurang perencanaan			

Dari gambar 3, disimpulkan bahwa ada 4 jenis *waste* dominan dari keseluruhan proses produksi. Jenis *waste* tersebut adalah *defect*, *motion*, *inventory*, dan *transportation*. Selanjutnya, empat *waste* dominan akan dianalisa dan dilakukan rekomendasi perbaikan.

3.7 Root Cause Analysis pada proses produksi

Root cause analysis mengidentifikasi alasan yang mungkin dari situasi dan permasalahan yang spesifik (Atarogen, 2014). Metode 5 *Why's* dapat membantu untuk menegetahui hubungan *cause-effect* dalam suatu permasalahan atau kegagalan (Sondalini, 2004). *RCA* diterapkan untuk melakukan pencarian akar masalah terhadap 4 jenis *waste* yang berdasarkan hasil dinilai mendominasi pada proses produksi di unit IPA Wonotunggal. Metode *RCA* akan digunakan bersama *tools 5 Why's*. Rekap dari hasil *RCA* dilihat di tabel 3.

3.8 Failure Mode and Effect Analysis

FMEA pada penelitian ini digunakan dalam mencari akar masalah berdasarkan pada indikator *risk*

priority number yang memiliki nilai tertinggi dan menentukan rekomendasi perbaikan (McDermott, 2009). Terdapat tiga kriteria *severity*, *occurance*, dan *detection* dari *waste* dominan yang terjadi pada proses produksi (Vincent, 2022). Rekap FMEA dan langkah perbaikan yang diberikan kepada proses produksi unit IPA Wonotunggal seperti yang tertera dalam tabel 4.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengumpulan data awal melalui wawancara dan observasi, didapatkan bahwa terdapat 6 *waste* yang teridentifikasi yaitu *inventory*, *defect*, *motion*, *transportation*, *process*, dan *waiting*. Dari hasil perhitungan *waste* dengan metode WRM, dapat disimpulkan bahwa nilai *from process*, *transportation*, *defect*, dan *inventory* memiliki persentase tertinggi yang menyebabkan pada timbulnya *waste to defect*. Dari hasil perhitungan WAQ didapatkan ada 4 jenis *waste* dominan dari keseluruhan proses produksi, yaitu *defect* dengan

Tabel 4. FMEA dan Langkah Perbaikan

Waste	Subwaste	RPN	Langkah Perbaikan
Defect	Dosis koagulan dan gas klor tidak tepat	336	Perbaikan sistem pemberian dosis bahan kimia
	Kerusakan teknis dan kondisi cuaca tidak menentu	245	Perawatan dan pengawasan area produksi secara teratur
Motion	Pemerataan beban kerja belum baik	324	Evaluasi dan pemerataan beban kerja
	Sistem informasi belum baik sehingga urusan administrasi dilakukan di kantor pusat	288	Perencanaan sistem informasi dan database untuk semua unit dan cabang Perumda
Inventory	Kurangnya sistem manajemen dan pengecekan bahan secara rutin	240	Pembuatan sistem pendataan/databas e bahan
	Pekerja kelelahan bolak-balik untuk pengujian kualitas karena jarak yang jauh dan beban kerja belum merata	324	Evaluasi dan pemerataan beban kerja
Transportation			

persentase sebesar 28.30 %, *motion* dengan persentase 17.12 %, *inventory* dengan persentase 15.30 %, dan *transportation* dengan persentase 14.45%.

Terdapat sejumlah langkah perbaikan yang dapat dilakukan unit IPA Wonotunggal untuk menekan *waste* dalam proses produksi. Langkah tersebut bisa bersifat teknis seperti pengecekan dan perawatan area produksi secara rutin, perencanaan sistem informasi terintegrasi, penerapan, sosialisasi, pelatihan terhadap pekerja, dan penerapan 5S. Sedangkan langkah non teknis dapat berupa perbaikan sistem pemberian bahan kimia dan evaluasi serta pembaharuan SOP produksi dan beban kerja. Selain itu, perusahaan juga dapat meningkatkan kualitas manajemen perusahaan untuk membantu dalam minimasi *waste* pada proses produksi.

Daftar Pustaka

- Atarogen, C. &. (2014). A Case Study In Defect Measurement. *Software Engineering Research, Management And Applications*, Pp. 55-72.
- Deviyanti. (2018). *Aplikasi Metode Lean Untuk Mendeteksi Dan Mereduksi Pemborosan Pada Sistem Produksi Instalasi Penjernihan Air Minum Ngagel Iii*. Surabaya: Universitas Wr.Supratman Surabaya.
- Gaspersz, Vincent. (2011). *Total Quality Management: Untuk Praktisi Bisnis dan Industri*. Bogor.
- Mcdermott, 2. (2009). *The Basic Of Fmea 2nd Edition*. Usa: Crc Press.
- Mcwilliams, D. L. (2008). *Value-Stream Mapping To Improve Productivity In Transmission Case*

Machining. Proceedings Of The 2008 Industrial Engineering Research Conference.

- Prisilia, H. (2014). Implementasi Lean Manufacturing Untuk Meminimalisir Waste Di Perusahaan Daerah Air Minum Banyuwangi. *Idec*, 144-151.
- Rawabdeh, I. A. (2005). A Model For The Assessment Of Waste In Job Shop Environments. *International Journal Of Operations And Production Management*, 25(8), 800–822.
- Saraswat, P. K. (2015). Reduction Of Work In Process Inventory And Production Lead Time In A Bearing Industry Using Value Stream Mapping Tool. *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, Vol. 6, no. 2, hal. 27-35.
- Sondalini. (2004). Understanding How to Use the 5-whys for Root Cause Analysis. *Lifetime Reliability*.
- Vincent, G. (2002). *Pedoman Implementasi Six Sigma & Process Improvement*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.