

Pemetaan dan Perancangan Perbaikan Proses Produksi untuk Persiapan Industri 4.0 di PT. X

Kevin Purnomo¹, Tanti Octavia²

Abstract: PT. X is a manufacturing company produces circuit breaker products. PT. X needs to prepare the development based on the industri 4.0 era. The purpose of this research is mapping and evaluate each department to find out activities that have not and have applied the principle of industrial system 4.0, and make preparations improvements based on framework industry 4.0. The results of mapping and evaluation indicate there are five departments classified "Few Implemented Industry 4.0", three departments classified "Partially Implemented Industry 4.0", and three departments classified "fully implemented industry 4.0". Proposed problem solution carried out for MPO and MH departments process production activities. Delivering material documents problem, inaccurate data request material, and finished good shipments to Warehouse are the problems that will be analyzed. Improving the system delivery of material documents changed to digitalization, which before done manually sent the documents, changed using e-mail. The financial savings obtained from proposed solution is Rp. 14,440,373 per year. Improvements also made for the delivery finished good problem, by analyzing the percentage productivity workers with work sampling method that showed 93%. The proposed solution in the delivery finished good was changed with AGV, providing financial savings until Rp. 1,005,633.00 per year per production segment.

Keywords: Industry 4.0, digitalization, work sampling, Automated Guided Vehicle (AGV)

Pendahuluan

Perkembangan Industri manufaktur sudah memasuki era Industri 4.0 yaitu era digitilisasi dan komputerisasi. Industri 4.0 merupakan istilah yang menggabungkan dan menangkap otomatisasi kontemporer, pertukaran data, dan teknologi manufaktur. (Schwab [1]). Industri 4.0 memungkinkan industri untuk saling terintegrasi ke dalam suatu sistem yang mengkoordinir keseluruhan aktivitas di dalam perusahaan. PT. X merupakan suatu perusahaan yang berjalan di bidang manufaktur yang menghasilkan produk *circuit breaker*. Peningkatan proses kerja di setiap aktivitas baik aktivitas berupa administrasi dan aktivitas produksi menjadi fokus utama perusahaan untuk berkembang mengarah Industri 4.0. Perusahaan perlu mempersiapkan diri melakukan perubahan menuju Industri 4.0 dengan cara memetakan kondisi perusahaan sekarang. Pemetaan dimulai dengan mengetahui aktivitas di masing-masing departemen kemudian dilakukan evaluasi terhadap tiap proses dalam aktivitas dari departemen.

Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah ingin meningkatkan aktivitas di rantai produksi yang masih belum tersistem dan digitalisasi Aktivitas yang belum menganut sesuai aplikasi kompetensi industri 4.0 menimbulkan masalah yang berhubungan dengan *waste* pergerakan manusia.

Metode Penelitian

Istilah industri 4.0 menjadi sebuah istilah baru dalam paradigma perindustrian yang terdiri dari 4 komponen utama dari standar industri 4.0, yaitu:

- *Cyber-physical System (CPS)*
CPS merupakan sebuah integrasi proses fisik dengan komputerisasi. Komputer dan jaringan yang tertanam mampu memantau dan mengendalikan proses fisik, dengan memberikan umpan balik dimana proses fisik akan mempengaruhi komputasi atau hasil komputasi dapat mempengaruhi proses fisik. (Hermann *et al.* [2])
- *Internet of Things*
Internet of Things adalah suatu pemahaman suatu obyek yang mampu untuk melakukan *transfer* atau perpindahan data melalui jaringan sistem sehingga tidak perlu

^{1,2} Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Kristen Petra. Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Email: kevinpurnomo97@gmail.com, tanti@petra.ac.id

dilakukannya interaksi manusia ke manusia. (Suresh *et al.* [3])

- *Internet of Service*
Internet of Service didefinisikan sebagai infrastruktur yang menggunakan internet sebagai media untuk melakukan interaksi bisnis antara pihak perusahaan dan pengguna jasa atau produk (Cardoso *et al.* [4]). Tujuan dari IoS adalah menggunakan berbagai cara untuk menciptakan nilai dalam sektor pelayanan. (Terzidis *et al.* [5]).
- *Smart Factory*
Smart Factory atau perusahaan pintar dideskripsikan sebagai pabrik yang menolong manusia dan mesin untuk mengeksekusi pekerjaan mereka. Sebuah pabrik yang pintar menggunakan sebuah sistem yang dapat mengambil informasi seperti posisi dan status dari sebuah entitas atau produk secara aktual. (Kagermann, *et al.* [6])

Prinsip Desain Industri 4.0

Prinsip desain industri 4.0 digunakan sebagai alat untuk mengidentifikasi kondisi sebuah perusahaan dan kemungkinan dilakukannya implementasi standar Industri 4.0. Prinsip desain industri 4.0 mengacu dari keempat komponen utama industri 4.0. Terdapat enam prinsip desain industri 4.0 (Hermann *et al.* [2]), yaitu:

- *Interoperability*
- *Virtualization*
- *Decentralization*
- *Real time Capability*
- *Service Orientation*
- *Modularity*

Kriteria Evaluasi dan Identifikasi Industri 4.0

Prinsip desain dengan komponen utama sistem industri 4.0 selanjutnya digunakan sebagai pengembangan teori aplikasi penerapan industri 4.0. Aplikasi penerapan industri 4.0 diisyaratkan sebagai alat tujuan untuk mencapai penerapan industri 4.0 dalam suatu perusahaan. Aplikasi industri 4.0 dikembangkan melalui penelitian oleh institusi Fraunhofer, yang selanjutnya digunakan sebagai salah satu lapisan kerangka berpikir dari pengembangan kerangka berpikir implementasi industri 4.0 oleh Carl Jan Du Plessis (Plessis [7]). Berikut 8 aplikasi industri yang digunakan sebagai kriteria evaluasi penilaian suatu proses telah sesuai standar industri 4.0 atau tidak.

- *Digital factory*: Penggunaan teknologi digital untuk mensimulasikan dan memodelkan sistem produksi (Plessis [7])
- *Smart manufacturing*: Penggunaan teknologi terkomputerisasi untuk mengontrol proses (Plessis [7])
- *Smart products*: Produk yang dihasilkan memiliki identitas beserta lokasi penyimpanan (Plessis, [7])
- *Human Movement Optimisation*: Pengorganisasian tata letak area kerja yang baik (Plessis [7])
- *Big data analytics*: Terdapat server dengan kapasitas penyimpanan data dengan ruang tak terbatas, dan mampu mengumpulkan (menyimpan), mengorganisasikan, dan menganalisa sekumpulan besar data (Hermann *et al.* [2])
- *Intelligent Transport*: Metode transportasi yang bergerak terkomputerisasi teknologi (Plessis [7])
- *Real time work visualisation*: Visualisasi dari aliran informasi/*material* didalam pabrik (Posada [8])

Kerangka Penelitian

Metode Penelitian adalah kerangka tahapan atau langkah yang dilakukan selama melakukan penelitian pada PT. X. Terdapat tujuh tahap aktivitas yang dilakukan selama penelitian mulai dari awal hingga akhir penelitian selesai dilakukan.

Mengidentifikasi Masalah

Tahap pertama yang dilakukan untuk mengawali penelitian adalah melakukan identifikasi terhadap implementasi industri 4.0 dan sebagai sarana untuk mengetahui apa yang dibutuhkan oleh perusahaan dan apa yang menjadi keinginan perusahaan. Identifikasi masalah dilakukan dengan metode wawancara dan berdiskusi dengan manajer dari semua departemen di PT. X.

Melakukan Studi Literatur

Tahap berikutnya yaitu melakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan. Studi literatur dalam melakukan penelitian ini meliputi teori Industri 4.0, Diagram Makigami, dan *Work Sampling*. teori yang dapat digunakan untuk proses pengumpulan data adalah Diagram Makigami, sedangkan untuk proses pengolahan data digunakan teori Industri 4.0 dan *Work Sampling*.

Mengumpulkan Data Proses Aktivitas Seluruh Departemen

Tahap berikutnya yaitu melakukan pengumpulan data proses aktivitas di masing-masing departemen. Data yang dikumpulkan digunakan untuk melakukan evaluasi, penilaian, dan pemetaan proses yang menunjukkan status implementasi industri 4.0 di tiap departemen. Data yang dikumpulkan meliputi aktivitas di masing-masing departemen.

Melakukan Pengolahan Data (Evaluasi, Penilaian, dan Pemetaan Proses)

Pengolahan data yang dilakukan adalah dengan menetapkan urutan proses aktivitas di masing-masing departemen. Hasil penetapan urutan proses akan dilakukan evaluasi tiap proses untuk mengetahui status penerapan industri 4.0 tiap departemen dengan menggunakan aplikasi industri 4.0.

Melakukan Verifikasi Hasil Pemetaan Proses

Tahap berikutnya adalah melakukan proses verifikasi hasil pemetaan proses. Proses verifikasi diperoleh dari persetujuan dari *user* yaitu manajer masing-masing departemen.

Melakukan Analisa Hasil Pemetaan Proses

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa hasil pemetaan proses dan pemilihan departemen di aktivitas proses produksi untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Langkah berikutnya melakukan pengumpulan data-data terkait permasalahan departemen di aktivitas proses produksi seperti waktu pengerjaan proses, jarak perpindahan, gaji pegawai, dsb.

Melakukan Analisa Data Permasalahan dan Pemberian Solusi Perbaikan

Tahap berikutnya melakukan analisa terhadap data yang telah dikumpulkan. Hasil analisa menjadi salah satu acuan untuk penentuan pemberian usulan perbaikan dan melakukan analisa dampak terhadap usulan perbaikan dari permasalahan. Langkah berikutnya penetapan pembuatan *framework* persiapan implementasi industri 4.0 di area kerja departemen terkait.

Membuat Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan menunjukkan status penerapan industri 4.0 di PT.X saat ini, hasil dari usulan perbaikan berupa urutan

proses, selisih waktu tempuh, dan penghematan biaya.

Hasil dan Pembahasan

Pada bagian bab ini akan menjelaskan pemetaan status implementasi industri 4.0 kondisi awal perusahaan PT.X. Hasil pemetaan telah terverifikasi dan dipresentasikan dengan para manajer masing-masing departemen. Melalui nilai status pemetaan dilakukan upaya peningkatan nilai dengan mencari permasalahan di area produksi berhubungan dengan departemen MPO dan MH, dan diberikan usulan perbaikan. Usulan perbaikan berdasarkan standar industri 4.0 diharapkan meningkatkan nilai status implementasi di departemen yang bersangkutan.

Pemetaan Kondisi Perusahaan menuju Industri 4.0

Aplikasi industri 4.0 digunakan sebagai kriteria penentu seluruh aktivitas dari seluruh departemen yang dimiliki oleh PT. X. Penilaian dengan menggunakan aplikasi industri 4.0 dilakukan pada tahapan proses dari sebuah aktivitas di suatu departemen. Hasil evaluasi tahapan proses hanya terdapat dua kategori yaitu “*Already implemented Industry 4.0*” dan “*industry 4.0 few or not yet implemented*”. Langkah berikutnya melakukan penelitian aktivitas dan penilaian departemen secara keseluruhan dengan tiga kategori yaitu:

- *Largely Implemented Industry 4.0*
Kategori ini menyatakan sebagian besar proses-proses yang terdapat dalam suatu aktivitas telah sesuai standar Industri 4.0, kategori ini memiliki rentang penilaian $\geq 80\%$.
- *Partially Implemented Industry 4.0*
Kategori ini menyatakan hanya sebagian dari proses-proses yang terdapat dalam suatu aktivitas telah sesuai standar Industri 4.0, kategori ini memiliki rentang penilaian $40\% \leq X < 80\%$.
- *Few Implemented Industry 4.0*
Kategori ini menyatakan hanya sebagian kecil atau tidak ada dari proses-proses yang terdapat dalam suatu aktivitas telah sesuai standar Industri 4.0 kategori ini memiliki rentang penilaian $< 40\%$.

Hasil pemetaan industri 4.0 dari 11 departemen, terdapat 3 departemen terkategori “*Largely Implemented Industry 4.0*”, 4 departemen terkategori “*Partially Implemented Industry 4.0*”, 5 departemen terkategori “*Few Implemented Industry 4.0*”.

Pemetaan proses dilakukan dengan evaluasi tahapan proses berdasarkan aplikasi industri 4.0. Suatu tahapan proses terkategori “*Already implemented Industry 4.0*” jika jumlah aplikasi yang memenuhi lebih banyak dibandingkan aplikasi yang tidak memenuhi di tahapan proses tersebut. Tahapan selanjutnya melakukan penilaian aktivitas berdasarkan tahapan proses di dalamnya yang telah dievaluasi. Berikut contoh tabel penilaian aktivitas departemen *Management Production Order*.

Tabel 1. Evaluasi aktivitas *import material* dept. MPO

Total Steps Process	Scoring		Criteria Scoring Range	Summary	ACTIVITIES' NOTES COLOR INDICATOR
	Already implemented Industry 4.0	Industry 4.0 Few or not yet implemented	Largely Implemented Industry 4.0 → X ≥ 80% Partially Implemented Industry 4.0 → 40% ≤ X < 80% Few Implemented → X < 40%		
6 steps	4	2	Departemen MPO Proses Import Material = Partially Implemented Industry 4.0 → 40% ≤ X < 80% X=66,67% < 80%		
	66,67%	33,33%			

Berdasarkan hasil evaluasi tahap proses di aktivitas *import material*, diperoleh nilai aktivitas status penerapan industri 4.0 adalah 66,67%. Nilai 66,67% didapatkan dari jumlah proses yang telah memenuhi kriteria industri 4.0 dibagi dengan total keseluruhan proses dalam suatu aktivitas ($\frac{4}{6} = 0,6667 \times 100\% = 66,67\%$).

Langkah berikutnya adalah melakukan penilaian keseluruhan aktivitas yang dimiliki oleh suatu departemen terkait yang dievaluasi. Nilai departemen MPO diperoleh 59,29%, nilai ini diperoleh dari jumlah tahap proses yang terkategori “*Already implemented Industry 4.0*” dibagi dengan total tahap proses dari masing-masing aktivitas di departemen tersebut. Contoh perhitungan untuk evaluasi keseluruhan dalam satu departemen adalah:

$$\frac{12}{21} + \frac{4}{6} = \frac{16}{27} = 0,5929 = 59,29\%$$

Range *Partially Implemented* yang ditetapkan yaitu untuk kisaran nilai evaluasi dari $40\% \leq X \leq 80\%$, sehingga departemen MPO termasuk dalam kategori *Partially Implemented*.

Permasalahan area PPIC dan Warehouse Sebelum Proses Produksi

Aktivitas sebelum proses produksi berlangsung meliputi aktivitas persiapan *material* yang

dilakukan oleh Dept. PPC dan Dept. *Material Handling (Warehouse)*. Aktivitas kedua yang akan di analisa mengenai ketidakakuratan data permintaan material. Aktivitas terakhir yang di analisa mengenai pengiriman *finished good* ke gudang penyimpanan.

Pengiriman Dokumen Request Material

Proses *request material* dilakukan oleh semua segmen produksi untuk meminta *material* yang dibutuhkan untuk proses produksi. Proses permintaan *material* dilakukan dengan mengirimkan dokumen permintaan *material* yang masih dilakukan secara manual. Proses *request material* terbagi menjadi 4 jenis tipe permintaan yaitu meliputi:

a) *Picking*

Picking merupakan tipe permintaan *material* yang dilakukan oleh PPC sebelum proses produksi berjalan untuk segmen produksi yang belum menerapkan sistem kanban. Berikut proses permintaan *material* tipe *Picking* beserta waktu yang diperlukan untuk pembuatan dokumennya:

- 1) Melihat rencana Produksi
- 2) Membuat *New Picking*
- 3) Melakukan *autobatch* number pemilihan *material*
- 4) Membuat *Request List Material*
- 5) *Print*
- 6) Memberikan *form request list* ke *Warehouse*

Tabel 2. Data estimasi waktu proses *request material* tipe *picking*

Aktivitas					
(1) (detik)	(2) (detik)	(3) (detik)	(4) (detik)	(5) (detik)	(6) (detik)
±22	±22	±77	±112	±51	±115

b) *Movement*

Movement merupakan tipe permintaan *material* yang memiliki peran sebagai *material* tambahan yang diperlukan untuk proses produksi. Berikut proses permintaan *material* tipe *movement* beserta waktu yang diperlukan untuk pembuatan dokumennya.

- 1) Produksi memberikan permintaan lisan kepada PPIC
- 2) Membuat Jurnal *Movement* di *Software AX*
- 3) Mengisi nama item, mengisi *batch* number, dan jumlah *material* yang diambil
- 4) *Print* Jurnal
- 5) Stampel + tanda tangan
- 6) Memberikan *form* ke gudang

Tabel 3. Data estimasi waktu proses *request material tipe movement*

Aktivitas					
(1) (detik)	(2) (detik)	(3) (detik)	(4) (detik)	(5) (detik)	(6) (detik)
±8	±18	±37	±43	±18	±119

c) *Transfer*

Tipe *request material Transfer* adalah untuk permintaan *material* dalam jumlah yang besar dan juga menjadi *request material* utama untuk produksi khusus untuk segmen yang telah menjalankan sistem kanban. Berikut proses permintaan *material* tipe *transfer* beserta waktu yang diperlukan untuk pembuatan dokumennya.

- 1) Melihat Kanban (memeriksa *quantity* ketersediaan *material* untuk produksi)
- 2) Membuat Jurnal *Transfer* di *Software AX* (memilih *new* jurnal dan tipe *Transfer* (RECTRF))
- 3) Mengisi nama item, pemindahan lokasi gudang ke area ppc dan mengisi *batch number material*, dan jumlah *material*
- 4) *Print* Jurnal
- 5) Stampel + tanda tangan
- 6) Memberikan *form* ke gudang

Tabel 4. Data estimasi waktu proses *request material tipe transfer*

Aktivitas					
(1) (detik)	(2) (detik)	(3) (detik)	(4) (detik)	(5) (detik)	(6) (detik)
±54	±19	±48	±49	±16	±124

d) *Addpick*

Addpick merupakan proses permintaan *material* yang dilakukan ketika *material* yang telah di persiapkan di awal produksi mengalami jumlah yang kurang sesuai dengan target unit yang diproduksi. Berikut proses permintaan *material* tipe *addpick* beserta waktu yang diperlukan untuk pembuatan dokumennya.

- 1) Operator produksi menulis kitir *Addpick* dan memberikan ke PPC
- 2) Mencari no.PRD dan *new pick list*(di AX)
- 3) Memasukkan Item number & quantity (di AX)
- 4) *Print* Jurnal
- 5) Stampel + tanda tangan
- 6) Memberikan *form* ke gudang

Tabel 5. Data estimasi waktu proses *request material tipe addpick*

Aktivitas					
(1) (detik)	(2) (detik)	(3) (detik)	(4) (detik)	(5) (detik)	(6) (detik)
±15	±14	±38	±55	±8	±106

Berdasarkan hasil pengambilan data untuk keempat tipe dokumen aktivitas *request*

material, memiliki rata-rata total waktu sebesar 293,64 detik. Keempat tipe dokumen memiliki beberapa tahapan proses yang sama yaitu proses mencetak dan memberikan jurnal berupa kertas sebagai bukti permintaan *material* yang diberikan kepada pihak *Warehouse*. Tahapan proses mencetak dan memberikan “*print out document*” memakan cukup banyak waktu. Proses mencetak dan memberikan “*print out document*” memiliki total rata-rata waktu sebesar 176,12 sekon atau 62,11 persen dari total waktu yang dibutuhkan oleh operator PPC untuk melakukan aktivitas tersebut. Proses ini dapat digolongkan ke dalam “*Non-Value Added but Neccessary*” karena proses ini tidak memberikan nilai tambah namun masih diperlukan karena sistem yang masih tradisional. Peralihan sistem dengan menggunakan teknologi dari tahapan proses dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi kinerja dari PPC.

Permasalahan Ketidakakuratan Data Permintaan Material Tambahan

Ketidakakuratan pencatatan data selama proses produksi ditunjukkan oleh data kuantiti penggunaan *material* yang tidak sesuai dengan rencana produksi. Penambahan permintaan *material* selama proses produksi yang tergolong *Addpick* kurang *material* (*Addpick*) dilakukan operator. Data permintaan material tambahan untuk nomor item X22323101 dengan nama item Betaetiger Himmelblau selama periode Januari 2018- Februari 2019 menunjukkan sejumlah 840 buah material di *addpick*. Berdasarkan hasil wawancara dan pengamatan secara langsung, dapat diketahui ketidakakuratan terjadi oleh 2 faktor kemungkinan, yaitu kesalahan jumlah *material* saat penyiapan *material* oleh pihak *Warehouse*, atau *human error* penyiapan *material* dan data pencatatan. Selama proses penyiapan *material* oleh *Warehouse*, *material* akan di hitung jumlahnya dengan menggunakan alat ukur timbang yang telah terkalibrasi.

Berdasarkan dugaan faktor penyebab ketidakakuratan data maka diambillah *sampling* perhitungan jumlah *material*. Pengambilan data keakuratan alat ukur timbang dilakukan dengan menghitung manual *material* lalu dibandingkan dengan hasil konversi alat ukur timbang untuk mengetahui keakuratan perhitungan penyiapan *material*. Berikut hasil *sampling* pengambilan data keakuratan penimbangan dengan menggunakan alat ukur timbang *Warehouse*.

Tabel 6. Data pengukuran keakuratan alat ukur timbang warehouse

Percobaan ke-	Item Number	Nama Item	Berat per satuan (Gram)	Pes yang dihitung g (Aktual) (Pcs)	Pes yang terhitung g (alat ukur timbang) (Pcs)
1	X22323101	Betaetiger Himmelblau	0,7 gr	40	40
6				500	500
7	Y30300443	DruckFeder	0,0244 gr/pcs	50	50
8				80	1,84 gr/0,024 = 75 pcs
10				200	4,79 gr/0,0244 = 196,31 ≈ 197 pcs
11	Y31194201	Loetring	3,44/100 pcs 0,0344/pcs	100	100
12				200	6,86 gr/0,0344 = 199
15				600	20,56 gr = 587

Material pertama tidak terjadi permasalahan perbedaan jumlah perhitungan material antara hitung manual dan menggunakan alat ukur berat yang digunakan. *Material* kedua terjadi perbedaan jumlah yang dihitung manual dan ditimbang menggunakan alat ukur berat pada kuantiti *material* berjumlah ≥100 pcs. *Material* ketiga terjadi perbedaan jumlah yang dihitung manual dan ditimbang menggunakan alat ukur berat pada kuantiti material berjumlah ≥200 pcs.

Berdasarkan hasil analisa ada kemungkinan alat ukur berat tidak akurat untuk *material* dengan berat tidak mencapai 0,1 gram. Kemungkinan penyebab kedua adalah *human error*. *Human error* tidak saja hanya terjadi pada proses persiapan *material*, *human error* juga dapat terjadi pada saat proses penulisan kitir *addpick* yang dilakukan oleh operator produksi untuk diberikan kepada Staf PPC. *Human error* yang dilakukan operator produksi yaitu kesalahan dalam mengkategorikan permintaan *material* tambahan, yang seharusnya meminta *material* karena *reject* saat proses, namun dikategorikan ke dalam *reject* kurang *material*. Dampak yang ditimbulkan adalah kesalahan data yang dicatat sehingga menyebabkan kesalahan dalam melakukan analisa penyebab *Addpick* selanjutnya. Permasalahan yang timbul mengenai ketidakakuratan data saat penyiapan *material* terkait dengan kesiapan dalam perancangan dan implementasi Industri 4.0, bahwa diperlukan pembenahan di sektor penyimpanan dan pengelolaan data.

Penyerahan Finished good menuju Gudang Penyimpanan

Proses pengiriman *finished good* dilakukan oleh staf PPC setelah proses produksi telah selesai dilakukan. Proses pengiriman FG masih dilakukan manual dan pengiriman dilakukan ketika rak FG penuh atau staf PPC memiliki waktu luang. Tingkat mobilitas Staf PPC menjadi salah satu penyebab pengiriman FG selalu menunggu. Pengukuran tingkat mobilitas PPC yang tinggi dilakukan dengan cara pengumpulan data produktivitas PPC dalam aktivitas keseharian menggunakan *work sampling* selama 3 hari. Dari 100 data pengamatan di hari pertama diperoleh aktivitas non-produktif berjumlah 6, 6 aktivitas di pengamatan hari kedua, dan 9 aktivitas di pengamatan hari ketiga.

Analisa lebih lanjut mengenai produktivitas pegawai dilakukan perhitungan *ratio delay* dan *performance level* menggunakan persamaan menurut (Niebel dan Freivalds, [9])

$$Ratio\ Delay = \frac{\% non\ Productive}{\% Productive} = \frac{7\%}{93\%} = 0,07526$$

Performance Level

$$= \frac{Jumlah\ Produktif}{Jumlah\ Produktif + Jumlah\ Non\ Produktif} \times 100\%$$

$$Performance\ Level = \frac{279}{279 + 21} \times 100\%$$

$$Performance\ Level = 93\%$$

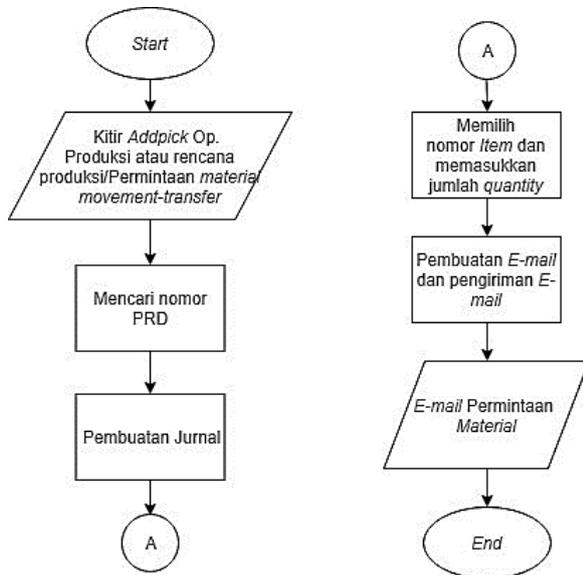
Ratio delay memiliki range nilai dari $0 \leq Ratio\ delay \leq 1$, semakin mendekati nilai 0, berarti pegawai sangat produktif. Pengertian dari *performance level* semakin mendekati 100%, berarti semakin produktif pekerjaan pekerja tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan *Performance level*, didapatkan nilai *Performance level* Staf PPC sebesar 93 persen, atau yang berarti 7 jam 26 menit staf PPC bekerja terus menerus. Nilai *performance level* yang dianjurkan untuk seorang pekerja agar tetap produktif secara maksimal adalah 75 persen dan persentase menganggur (*idle*) adalah sebesar 25 persen (Sritomo dan Wignjosoebroto, [10]).

Kesimpulan dari perhitungan *performance level* di atas adalah, bahwa persentase *performance level* lebih dari 75 persen terlalu berat bagi pekerja (93% > 75%). Data tingkat produktivitas Staf PPC ini selanjutnya digunakan untuk mengetahui dibutuhkannya sumber daya tambahan atau tidak dalam aktivitas pengiriman *finished good*. Proses pengiriman FG ke Warehouse membutuhkan waktu dan tenaga secara manual oleh PPC, sehingga diperlukan sumber daya tambahan yang bertugas untuk

melakukan pengiriman FG. Peningkatan efisiensi dan efektivitas yang menggunakan sistem industri 4.0 pada proses pengiriman *Finished good* diperlukan untuk menghemat waktu, tenaga, dan biaya.

Usulan Perbaikan Permasalahan Persiapan Material

Permasalahan persiapan *material* dikarenakan Staf PPC harus memberikan jurnal atau *form* permintaan *material* secara manual kepada Staf *Warehouse*. Proses permintaan *material* yang masih manual ini dikarenakan Sistem ERP dan sistem kerja antara PPC dan *Warehouse* masih belum memadai. Potensial pengembangan dan peningkatan adalah pada sistem pengiriman jurnal permintaan *material* dari PPC kepada *Warehouse* dengan menggunakan *e-mail*. Alur proses pembuatan dan pengiriman dokumen hasil usulan perbaikan menggantikan 3 proses yaitu proses *print* jurnal, menandatangani jurnal, dan pengiriman dokumen, menjadi 1 proses yaitu membuat dan mengirim *e-mail*. Total estimasi waktu yang dibutuhkan untuk membuat dan mengirim *e-mail* sebesar ± 68,41 detik.



Gambar 1. Aliran proses permintaan material usulan

Peralihan menggunakan *e-mail* mampu mengurangi rata-rata total waktu proses dari 293,64 detik menjadi 183,11 detik. Penghematan waktu rata-rata sebesar 110,53 detik atau sebesar 39,61% berkurang dari waktu awal sebelum usulan perbaikan atau jika berdasarkan data masa lalu, diperoleh sebesar 606,56 jam/tahun. Penghematan waktu tersebut jika dikonversikan kedalam finansial, diperoleh penghematan sebesar Rp 12.284.433,00/tahun.

Nilai penghematan finansial diperoleh berdasarkan gaji pegawai sesuai UMK kota Sidoarjo sebesar Rp 4.212.518,00/bulan atau Rp 20.252,49/jam, yang dikalikan dengan hasil penghematan waktu setelah usulan perbaikan.

Keuntungan lain yang didapatkan adalah penghematan penggunaan kertas yang tidak lagi digunakan ketika pengiriman jurnal permintaan sudah menggunakan *e-mail*. Data penggunaan kertas untuk seluruh segmen sebelum usulan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 7. Hasil perhitungan penghematan finansial berdasarkan penghematan waktu dan penghematan penggunaan kertas diperoleh total keuntungan secara keseluruhan setelah perpindahan sistem sebesar Rp 14.440.373,00/tahun.

Tabel 7. Data Penggunaan Kertas untuk Print Jurnal Permintaan

Segmen Produksi	Konsumsi kertas dalam Rim (500 lembar)
3000S	7,712
201	4,164
1160	3,292
1170	2,666
2215,2216	6,366
1180	2,824
9510 & 4120	17,326
1658	6,378
Total	50,728
Total Biaya (1 Rim = Rp 42.500,00)	Rp 2.155.940,00

Usulan Perbaikan Permasalahan Pengiriman Finished good

Usulan perbaikan untuk menangani permasalahan pengiriman *finished good* ini adalah dengan menggunakan robot transportasi “*Automated Guided Vehicle*” (AGV) dan penggunaan rak kara-kuri. Penggunaan AGV dan rak kara-kuri mampu mengefisienkan aktivitas RAF sebelum masuk gudang dari empat proses menjadi dua proses. Aktivitas yang terjadi dalam aktivitas RAF meliputi:

- Memastikan dokumen yang menyertai produk lengkap
- Memeriksa identitas produk yang terlampir pada badan kardus FG telah sesuai dengan perencanaan produksi.
- Melakukan pemindahan FG dari Rak FG ke Troli yang digunakan untuk mengirim menuju *Warehouse*.
- Pengiriman FG menggunakan troli dengan pendorongan manual.

Penggunaan AGV dan rak kara-kuri dapat menghilangkan proses pemindahan FG dari Rak ke troli dan proses pengiriman FG manual. Prinsip kerja dari integrasi rak Kara Kuri dan AGV adalah AGV akan mengangkut rak Kara Kuri secara *mobile*, yang ketika menyentuh rak Kara Kuri milik penyimpanan FG, maka kardus FG akan berpindah dengan otomatis. Proses pengiriman FG yang dilakukan oleh staf PPC dengan menggunakan troli akan hilang juga jika penggunaan AGV dijalankan. Total waktu yang berkurang dari dua proses tersebut berturut-turut adalah 6,68 detik dan 95,49 detik, total penghematan waktu sebesar 51,38 jam/ tahun/ segmen. Berdasarkan hasil perhitungan gaji pegawai dan penghematan waktu yang diperoleh, dapat disimpulkan penghematan finansial yang dapat diperoleh dari usulan penggunaan AGV sebesar Rp 1.075.982,00/tahun/segmen.

Dampak Usulan Perbaikan Terhadap Nilai Status Implementasi Industri 4.0 di Departemen

Usulan perbaikan untuk pengiriman dokumen permintaan *material* dan usulan perbaikan untuk pengiriman *finished good* meningkatkan nilai status implementasi industri 4.0 pada departemen MPO aktivitas produksi. 3 tahap proses yang ditingkatkan meliputi pembuatan dokumen permintaan *material*, pengiriman dokumen permintaan *material*, dan pengiriman FG menuju ke gudang penyimpanan. Nilai evaluasi departemen MPO secara keseluruhan meningkat sebesar 11,08% dari semula 59,29% menjadi 70,37%. Ketiga proses MPO yang termasuk dalam proses produksi, telah meningkatkan jumlah proses produksi yang terkategori "*fully implemented industry 4.0*" dari 53 proses menjadi total 56 proses dari 256 proses produksi.

Kesimpulan

Peralihan sistem pengiriman dokumen permintaan material memberikan penghematan secara finansial dan pengurangan penggunaan kertas sebesar Rp 14.440.373,00/tahun. Penggunaan *E-mail* untuk mengirim dokumen memberikan penghematan waktu sebesar 1,84 menit dalam satu kali pembuatan dokumen atau jika berdasarkan data masa lalu, sebesar 606,56 jam/tahun

Peralihan sistem pengiriman FG yang semula dilakukan manual dengan menggunakan troli mekanik, diubah menggunakan AGV menghemat biaya transportasi sebesar Rp 1.005.633,00 per tahun dan menghemat waktu kerja Staf PPC sebesar 51,38 jam/tahun/segmen.

Hasil dari usulan perbaikan meningkatkan jumlah proses produksi sebanyak 3 proses untuk terkategori ke dalam "*fully implemented industry 4.0*", dari yang semula berjumlah 53 menjadi 56 proses. Usulan perbaikan yang diberikan meningkatkan nilai status implementasi industri 4.0 Departemen MPO yang semula 59,29% menjadi 70,37%.

Daftar Pustaka

1. Schwab, K., *The fourth industrial revolution*, World Economic Forum, Cologny, 2016.
2. Hermann, M., Pentek, T., and Otto, B., *Design principles for industri 4.0 scenarios*, Technical University of Dortmund, Dortmund, 2015.
3. Suresh, P., Daniel, J.V., & Aswathy, R., H., *A state of the art review on the internet of things (IoT)*, Technology and fields of deployment, New York, 2014.
4. Cardoso, J., Voigt, K., & Winkler, M., *Service engineering for the internet of services*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Dresden, 2009.
5. Terzidis, O., Oberle, D., Friesen, A., Janiesch, C., & Barros, A., *The internet of services and usdl*, Springer, New York, 2012.
6. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J., *Recommendation for implementing the strategic initiative industry 4.0*, catech National Academy of Science and Engineering, Frankfurt, 2013.
7. Plessis, C. J., *A framework for implementing industrie 4.0 in learning factories*, Stellenbosch University, Stellenbosch Central, 2017.
8. Posada, J., T. C., Barandiaran, I., O. D., S. D., d. A., V. I., *Visual computing as a key enabling technology for Industrie 4.0 and industrial internet*, IEEE Computer Graphics and Applications, California, 2015.
9. Niebel, B., & Freivalds, A., *Niebel's methods, standards, & work design*, 13th Ed., McGraw-Hill Higher Education, 2013.
10. Wignjosobroto. S., *Pengantar teknik dan manajemen industri*, Guna Widya, Jakarta, 2003.