

Usulan Perbaikan Sistem Kanban Untuk Mengurangi Penumpukan *Work In Process* dan *Lead Time* Produksi Pada Lantai Produksi Bagian *Medium Prismatic Machines* Di PT. Dirgantara Indonesia

¹Wita Anggraita P, ²Widia Juliani, ³Pratya Poeri Suryadhini

^{1,2,3} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Telkom University

¹wita.anggraita@gmail.com, ²widiajuliani@yahoo.com, ³pratya@telkomuniversity.ac.id

Abstrak— PT. Dirgantara Indonesia adalah salah satu perusahaan di Indonesia yang bergerak dalam bidang manufaktur pembuatan pesawat, pengembangan desain, dan pembuatan pesawat komuter sipil dan militer daerah. PT. Dirgantara Indonesia mempunyai beberapa bagian produksi. Salah satu bagian produksi dari perusahaan ini adalah departemen *machining*. Berdasarkan mesin, divisi produksi PT. Dirgantara Indonesia dibagi menjadi tiga bagian. Salah satunya adalah *Medium Prismatic Machines*. Pada bagian produksi ini terdapat permasalahan yaitu terjadinya keterlambatan dalam penyelesaian *part*. Keterlambatan tersebut terjadi karena adanya *lead time* yang panjang dan terdapat penumpukan WIP di beberapa *work center*.

Part yang diproduksi pada bagian *machining* terkadang bukanlah *part* yang dibutuhkan oleh bagian perakitan. Penyebab dari adanya masalah tersebut adalah tidak adanya kontrol pada lantai produksi. Salah satu cara untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah dengan menggunakan sistem kanban. Sistem kanban merupakan sistem informasi yang menyelaraskan pengendalian produksi suatu produk yang diperlukan, dalam jumlah yang diinginkan, dan dalam waktu yang dibutuhkan pada setiap proses produksi, di dalam pabrik maupun diantara perusahaan yang terkait.

Dalam penelitian ini, didapatkan suatu usulan rancangan perbaikan sistem kanban yaitu dengan menggunakan *dual card* kanban. Hasil analisis dari penelitian ini adalah terjadinya penurunan jumlah *work in process* (WIP) dan penurunan *lead time* produksi. Penurunan WIP pada mesin HAAS sebesar 50% dan penurunan pada mesin Deckel Maho sebesar 67%. Jumlah kartu kanban yang berlaku di lantai produksi berbeda-beda tergantung dari *work center*. Sistem kanban usulan memiliki aliran informasi yang berjalan dari gudang *part* jadi, *work center* mesin Deckel Maho dan gudang *raw material* menggunakan kartu kanban pengambilan. Sedangkan proses produksi pada *work center* akan diatur dengan kartu kanban perintah produksi.

Kata Kunci—Kanban, *lead time*, *work in process*,

I. PENDAHULUAN

PT. DIRGANTARA INDONESIA adalah salah satu perusahaan di Indonesia yang bergerak dalam bidang manufaktur pembuatan pesawat. Salah satu bagian produksi dari perusahaan ini adalah bagian *machining*. Proses produksi di departemen *machining* adalah mengolah *raw material* hingga membentuk *part* dengan menggunakan beberapa mesin. Berdasarkan dimensi mesin, mesin-mesin tersebut dikelompokkan menjadi *Small Prismatic Machines* (SPM), *Medium Prismatic Machines* (MPM) dan *Large Prismatic Machines* (LPM). Pada tahun 2013, bagian MPM memiliki mesin sebanyak 20 buah yang dibagi untuk

beberapa proses.

Ketepatan dalam pemenuhan produksi pada bagian MPM seringkali mengalami keterlambatan. Keterlambatan tersebut disebabkan karena *lead time* yg dimiliki oleh perusahaan belum sesuai dengan target perusahaan. *Lead time* yang panjang tersebut disebabkan oleh adanya pemborosan yang terjadi berupa penumpukan *work-in-process* (WIP) di beberapa *work center*. Penumpukan yang terjadi pada beberapa *work center* telah melebihi penumpukan maksimal yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Selain permasalahan keterlambatan, pihak *shop floor* juga menyatakan bahwa bagian *machining* memiliki masalah yang lain. Bagian *machining* selalu memproduksi *part* tiap harinya. Namun, *part* tersebut bukanlah *part* yang dibutuhkan oleh bagian perakitan. Penyebab dari adanya masalah tersebut adalah tidak adanya kontrol pada lantai produksi.

Salah satu cara untuk mengendalikan masalah tersebut adalah menggunakan sistem kanban. Sistem kanban merupakan sistem informasi yang menyelaraskan pengendalian produksi suatu produk yang diperlukan, dalam jumlah yang diinginkan, dan dalam waktu yang dibutuhkan pada setiap proses produksi, di dalam pabrik maupun diantara perusahaan yang terkait ^[1]. Sistem kanban juga dapat digunakan untuk mengatur *work-in-process* di setiap proses dengan jumlah yang sesuai.

PT. Dirgantara Indonesia sudah pernah menerapkannya. Namun, sistem kanban belum berjalan dengan optimal. Hal ini ditandai dengan tidak kembalinya kartu yang telah diberikan dan menyebabkan komunikasi antar stasiun kerja di lantai produksi tidak tersampaikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki sistem kanban yang ada dengan memberi merancang sistem kanban yang baru.

II. LANDASAN TEORI

A. Konsep *Just In Time*

Just In Time merupakan filosofi perwujudan dari berbagai konsep yang menghasilkan cara yang berbeda dalam melakukan bisnis bagi sebagian besar organisasi ^[2]. Konsep dasar dari sistem ini adalah memproduksi *output* yang diperlukan, pada waktu yang dibutuhkan, dan dalam jumlah sesuai kebutuhan pelanggan pada setiap proses dalam sistem produksi dengan cara yang paling ekonomis atau paling efisien.

B. Pull system dan Push System

Terdapat dua sistem produksi yang sering dikenal, yaitu sistem tarik (*pull system*) dan sistem dorong (*Push system*). *Push system* adalah suatu sistem produksi yang mendorong produk ke konsumen. Perusahaan tidak memperhatikan ada permintaan atau tidak. Kelemahan dari sistem tersebut adalah saat produk terus diproduksi tanpa melihat adanya permintaan aktual, maka akan terjadi penumpukan barang di gudang sehingga memakan ruang pabrik. Pada *pull system*, kegiatan produksi akan berjalan berdasarkan adanya permintaan aktual. Perusahaan berperan sebagai produsen melakukan produksi tidak dengan cara mendorong produk kepada konsumen, melainkan

memproduksi barangnya sesuai dengan permintaan dari konsumen. Keuntungan dari sistem ini adalah *inventory* yang sedikit.

C. Value Stream Mapping

Value Stream Mapping adalah metode untuk menjelaskan aliran material dan aliran informasi. Metode ini digunakan untuk membantu dalam mengidentifikasi pemborosan yang terjadi pada sistem. Peta aliran ini mencakup proses, alur material dan aliran informasi dari satu *family* produk tertentu

dan membantu mengidentifikasi pemborosan dalam sistem [3].

D. Sistem Kanban

Kanban adalah suatu alat yang digunakan untuk merealisasikan sistem produksi JIT. Kanban dalam bahasa Jepang berarti “*visual record or signal*”. Sistem produksi JIT menggunakan aliran informasi berupa kanban yang berbentuk kartu atau peralatan lainnya.

Sistem kanban adalah suatu sistem informasi yang secara harmonis mengendalikan produksi produk yang diperlukan dalam jumlah yang diperlukan pada waktu yang diperlukan dalam tiap proses manufaktur dan juga diantara perusahaan. Kanban membawa informasi secara vertikal dan horizontal didalam pabrik. Informasi yang ada pada kartu kanban terdiri atas 3 kategori, yaitu:

1. Informasi pengambilan
2. Informasi pemindahan
3. Informasi produksi

Sistem kanban didukung oleh hal-hal berikut [4]:

- Pelancaran produksi
- Pembakuan kerja
- Pengurangan waktu penyiapan
- Aktivitas perbaikan
- Rancangan tata ruang mesin
- Autonomasi.

E. Perhitungan Kartu Kanban

Perhitungan kartu kanban ada dua cara, yaitu jumlah kanban pada sistem pengambilan jumlah tetap dan pengambilan siklus tetap.

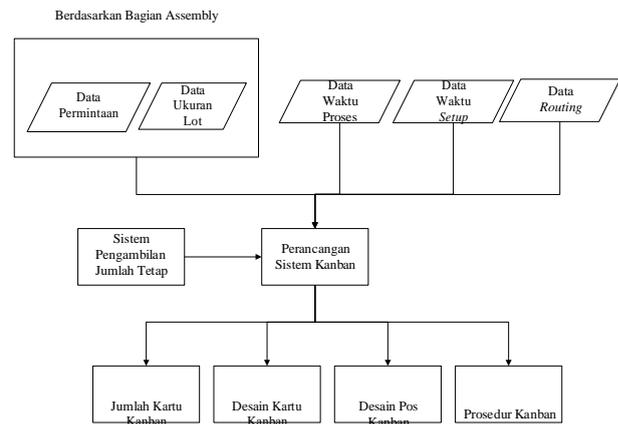
- a. Jumlah kanban pada sistem pengambilan jumlah tetap
 Pada sistem ini, jumlah tetap telah ditentukan akan dipesan atau diambil bila sediaan menurun ke titik pesan

- ulang. Jumlahnya akan tetap tetapi waktu pemesanan tidak menentu.

- b. Jumlah kanban pada sistem pengambilan siklus tetap
 Pada sistem ini, siklus pengambilan telah ditetapkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang suatu sistem yang dapat mengontrol jalannya produksi terutama di departemen *machining* bagian *Medium Prismatic Machine* (MPM) dengan menggunakan *tools* kanban. Sehingga diharapkan pada proses produksi dapat mengalir secara tepat waktu.



Gambar III.1 Metodologi Penelitian

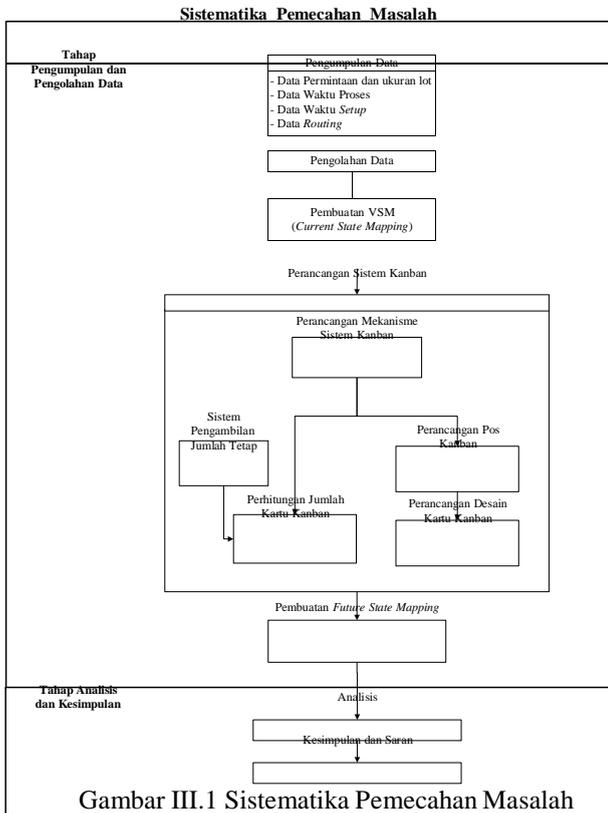
Penelitian ini dimulai dengan melakukan pengumpulan data pada rantai produksi bagian *Medium Prismatic Machine*. Data yang dikumpulkan meliputi data permintaan, data ukuran *lot*, data *routing*, data waktu proses dan waktu *setup*. Dengan menggunakan *value stream mapping* akan diketahui aliran material dan informasi serta *operational lead time* yang ada di rantai produksi pada kondisi awal.

Sistematika pemecahan masalah pada penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap pengumpulan dan pengolahan data dan tahap analisis dan kesimpulan.

1. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

a. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi langsung. Data yang diperlukan adalah data permintaan, ukuran *lot*, data *routing*, data waktu *setup* dan data waktu proses.



Gambar III.1 Sistematika Pemecahan Masalah

b. Pengolahan Data

Setelah mengumpulkan data yang diperlukan, maka langkah selanjutnya adalah tahap pengolahan data. Pengolahan data tersebut meliputi:

- 1) Pembuatan *Value Stream Mapping* (VSM)
 Pemetaan aliran material dan informasi menggunakan VSM dilakukan untuk mengetahui aliran material dan aliran informasi yang terjadi pada kondisi saat ini.
- 2) Perancangan Sistem Kanban
 - a) Perancangan mekanisme sistem kanban
 Mekanisme kanban dibuat sebagai panduan dalam menerapkan sistem kanban.
 - b) Perancangan Pos Kanban
 Pos kanban sebagai tempat persinggahan kartu kanban.
 - c) Perhitungan jumlah kartu kanban
 Perhitungan jumlah kanban yang beredar akan berdasarkan pada metode perhitungan jumlah tetap. Perhitungan jumlah kartu kanban menggunakan rumus:

$$D \times L \times (1 + F)$$

$$N = \frac{D \times L \times (1 + F)}{C}$$

Keterangan:

- N : jumlah kartu kanban
- D : rerata permintaan harian
- L : waktu pemesanan

- d) Perancangan Kartu Kanban
 Kartu kanban dirancang sebagai sarana visual untuk memberikan detail informasi mengenai identitas *part*.

3) Pembuatan *Future State Mapping*

Perancangan VSM *future state* dilakukan agar terlihat perbandingan hasil perbaikan yang dilakukan terhadap VSM *current state*.

2. Tahap Analisis dan Kesimpulan
 Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai output yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan. Dari analisis tersebut akan ditarik kesimpulan.

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Pengolahan Data

Pengolahan data merupakan tahapan dimana seluruh variabel *input* akan diproses sehingga diperoleh *output*.

1. *Value Stream Mapping*

Value stream mapping dibuat untuk mengetahui proses yang berlangsung pada kondisi sekarang.

1.1 Perhitungan Waktu Siklus

Perhitungan waktu siklus diperlukan untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu unit *part* pada sistem kerja saat ini. Perhitungan waktu siklus ini dilakukan dengan pengamatan secara langsung menggunakan *stopwatch*.

1.2 *Big Picture Mapping* Menggunakan *Value Stream Mapping*

Value Stream Mapping bertujuan untuk memahami proses yang terjadi pada aliran informasi dan aliran fisik pada lantai produksi saat ini. Pembuatan VSM membutuhkan waktu proses, aliran informasi, dan keterangan lainnya.

Berdasarkan hasil dari pemetaan *big picture value stream mapping* diketahui bahwa dalam proses produksi terdapat *value added* sebesar 15.39 jam. Sedangkan total *lead time* yang dibutuhkan adalah 499.748 jam.

2. Rancangan Usulan Perbaikan Sistem Kanban

Rancangan usulan perbaikan untuk sistem kanban akan menggunakan dual kanban yaitu sistem kanban dengan menggunakan dua jenis kartu kanban dalam proses produksinya. Kartu yang dipakai adalah kartu pengambilan dan kartu perintah produksi.

2.1 Mekanisme Usulan

Langkah pertama dalam merancang sistem kanban adalah mendesain mekanisme sistem kerja kanban. Mekanisme sistem kerja kanban usulan yang dirancang tidak melibatkan bagian PMO dan bagian *Schedulling*.

1. Kanban di Gudang *Part* Jadi

Dalam gudang *part* jadi kanban yang digunakan adalah kanban pengambilan dan kanban perintah produksi. Jika terdapat permintaan dari proses setelahnya, maka *part* akan dicek keberadaannya.

Jika *part* tersebut ada, maka kanban perintah produksi yang ada pada *part* tersebut akan

diletakkan di pos kanban dan diganti dengan kanban pengambilan. *Part* tersebut akan dibawa ke proses setelahnya bersama dengan kanban pengambilan. Material handler akan mengantarkannya ke proses yang dituju dengan jumlah yang diminta.

Jika *part* yang diinginkan tidak dapat dipenuhi oleh pihak gudang *part* jadi, maka gudang *part* jadi akan memproduksi *part* tersebut dengan kanban perintah produksi yang diambil dari pos kanban.

Kanban ini akan melekat selama produk ada dalam proses sampai proses selesai. Jumlah *part* yang diproduksi sesuai dengan yang tertera pada kartu.

Bila *part* yang seharusnya diproduksi tidak ada, maka gudang *part* jadi akan meminta *part* ke *work center* mesin Deckel Maho dengan membawa kanban pengambilan.

2. Kanban di Work Center Mesin Deckel Maho

Work center mesin Deckel Maho kanban yang digunakan adalah kanban pengambilan dan kanban perintah produksi. *Work center* mesin Deckel Maho akan menerima kanban pengambilan dari gudang *part* jadi. Jika *part* yang diinginkan ada, maka kanban perintah produksi yang ada pada *part* tersebut akan diletakkan di pos kanban dan diganti dengan kanban pengambilan. *Part* tersebut akan dibawa ke gudang *part* jadi bersama dengan kanban pengambilan.

Jika *part* yang diinginkan tidak ada, *work center* mesin Deckel Maho akan memproduksi *part* tersebut dengan kanban perintah produksi yang diambil dari pos kanban. Kanban ini akan melekat selama produk ada dalam proses sampai proses selesai. Jumlah *part* yang diproduksi sesuai dengan yang tertera pada kartu.

Bila material yang digunakan untuk produksi tidak ada, maka *work center* mesin Deckel Maho akan meminta material ke gudang *raw material* dengan membawa kanban pengambilan.

3. Kanban di Gudang Raw Material

Gudang *raw material* akan menerima kanban pengambilan dari mesin Deckel Maho. Jika material yang dibutuhkan ada, maka material akan diambil.

Jika material yang dibutuhkan tidak ada, maka pihak gudang akan melakukan pemesanan kembali dengan jumlah pesanan tetap dan membuat titik untuk pesan ulang (*reorder point*).

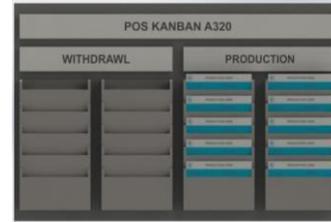
Mekanisme sistem kanban usulan memakai sistem *dual card*. Sistem *dual card* kanban memberikan pengendalian yang ketat terhadap tingkat persediaan. Hal ini dikarenakan tidak ada *part* yang dapat dipindahkan tanpa adanya kartu kanban. Kartu kanban yang berlaku pada adalah kanban perintah produksi dan kanban pengambilan. Kanban pengambilan berfungsi untuk memindahkan *part* atau material dari satu tempat

ke tempat lain. Sedangkan kanban perintah produksi berfungsi untuk mengeluarkan perintah produksi untuk

work center sebelumnya.

2.2 Desain Pos Kanban

Pos kanban berfungsi sebagai tempat singgah kartu kanban. Pos kanban juga berfungsi sebagai *display* bagi operator yang ada di lantai produksi agar mengetahui waktu untuk melakukan aktivitas produksi. Jika terdapat kartu produksi di pos kanban, maka operator produksi harus melakukan produksi sesuai dengan informasi yang ada di kartu tersebut. Jumlah *part* yang diproduksi harus sesuai dengan yang tertera pada kartu. Tidak boleh kurang atau lebih dari yang telah ditentukan pada kartu tersebut. Operator tidak boleh melakukan produksi jika tidak ada kartu produksi di pos kanban. Desain pos kanban yang ada di lantai produksi dapat dilihat pada:



Gambar IV.1 Desain Pos Kanban

Pos kanban akan diletakkan di beberapa tempat. Tempat-tempat tersebut adalah gudang *raw material*, *work center* mesin Deckel Maho, dan Gudang *part* jadi. Peletakan pos kanban di gudang *part* jadi dikarenakan tempat tersebut merupakan tempat penyimpanan untuk *part* yang telah jadi. Pada *work center* mesin Deckel Maho diletakkan pos kanban karena karena pada *work center* tersebut terdapat penumpukan WIP yang lebih banyak dibandingkan dengan *work center* yang lainnya. Pos kanban juga diletakkan di gudang *raw material*. Hal ini dikarenakan tempat tersebut adalah tempat untuk menarik *raw material* yang dibutuhkan dalam proses produksi.

2.3 Menentukan Jumlah Kartu Kanban

Dalam menerapkan sistem kanban, perlu diketahui banyaknya kartu kanban yang diperlukan pada lantai produksi agar dapat berjalan dengan lancar. Jumlah kanban yang beredar sebaiknya dibatasi. Karena semakin banyak kanban yang beredar maka akan semakin banyak jumlah *part* yang ada di lantai produksi. Berlaku juga sebaliknya, semakin sedikit kartu kanban maka semakin sedikit jumlah *part* yang ada. Jika jumlah *part* yang ada di lantai produksi banyak, maka dapat menyebabkan penumpukan. Sedangkan jika jumlah *part* sedikit, dapat menyebabkan berhentinya proses produksi [5].

Perhitungan jumlah kanban yang dibutuhkan oleh setiap proses perlu diketahui terlebih dahulu rerata permintaan, waktu pemesanan, faktor pengaman and ukuran *lot*.

1. Rerata Permintaan

Rerata permintaan harian dihitung dengan cara membagi jumlah kebutuhan *part* dengan periode permintaan tersebut. Perhitungan rerata permintaan yaitu:

$$R = \frac{21}{10.5} = 2 \text{ part/hour}$$

2. Ukuran Lot

Ukuran *lot* yang ada di lantai produksi harus dibuat seminimal mungkin karena akan mempengaruhi jumlah penumpukan dan *lead time* yang dibutuhkan untuk memproduksi satu *order*. Ukuran *lot* yang di dapat dari penelitian sebelumnya adalah 21 *part*. Namun, ukuran *lot* tersebut belum tentu efektif jika diterapkan di bagian *machining*. Karena hal tersebut, digunakanlah ukuran *lot* yang telah dihitung. Ukuran *lot* yang akan berlaku di bagian *machining* adalah 4 *part*. Ukuran *lot* tersebut kemudian dibandingkan agar menghasilkan keluaran yang dapat meminimasi *inventory* dan mengurangi *lead time*.

3. Perhitungan Lead Time

Perhitungan *lead time* didapat dari penjumlahan semua waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan satu *lot part number* yaitu waktu *setup* per *lot*, waktu total proses, waktu transportasi dan waktu tunggu yang ada di setiap *work center*. Waktu yang dipakai untuk perhitungan *lead time* menggunakan waktu dari hasil pengamatan.

2.3.1 Perhitungan Jumlah Kartu Kanban

2.3.1.1 Jumlah Kartu Kanban Pengambilan

Kartu kanban pengambilan adalah kartu yang digunakan untuk mengirimkan bahan baku dari gudang ke *Shop* dan untuk mengirimkan *part* yang sudah jadi ke gudang *part* gudang jadi.

Dengan menggunakan ukuran lot = 21, didapat jumlah kartu kanban pengambilan usulan untuk *work center* mesin Deckel Maho ke gudang *raw material* adalah 1 dan jumlah kartu pengambilan dari gudang *part* jadi ke *work center* mesin Deckel Maho sebanyak 1. Perhitungan jumlah kanban pengambilan *raw material* dari gudang ke *work center* mesin Deckel Maho adalah sebagai berikut:

Permintaan : 2 buah *part*
 Lead time : 7.66
 Safety factor : 10%
 Ukuran lot : 21

$$\frac{2 \times 7.66 \times (1 + 10\%)}{21}$$

 = $\frac{21}{21} = 0.8026 \approx 1$

Sedangkan perhitungan untuk pengiriman *part* dari *work center* mesin Deckel Maho ke gudang *part* jadi:

Permintaan : 2 buah *part*
 Lead time : 7.84
 Safety factor : 10%
 Ukuran lot : 21

$$\frac{2 \times 7.84 \times (1 + 10\%)}{21} = 0.8217 \approx 1$$

Sedangkan dengan menggunakan ukuran lot = 4 dengan perhitungan menggunakan rumus yang sama, didapat jumlah kartu kanban pengambilan usulan untuk dari *work center* mesin Deckel Maho ke gudang *raw material* adalah sebanyak 4 dan jumlah kartu pengambilan untuk dari gudang *part* jadi ke *work center* mesin Deckel Maho sebanyak 4 kartu. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Tabel IV.1 jumlah kartu kanban pengambilan yang akan beredar di lantai produksi tergantung dari ukuran lot yang akan dipakai.

Tabel IV.1 Jumlah Kartu Kanban Pengambilan

Work center	Kanban Pengambilan	
	Lot = 4	Lot = 21
Mesin Deckel Maho	4	1
Gudang <i>part</i> jadi	4	1

2.3.1.2 Jumlah Kartu Kanban Perintah Produksi

Kanban perintah produksi adalah kartu yang digunakan untuk mengendalikan proses produksi dari bahan baku sehingga menjadi *part* yang dibutuhkan. Perhitungan jumlah kartu kanban perintah produksi menggunakan rumus yang sama dengan rumus yang dipakai untuk menghitung jumlah kartu kanban pengambilan.

Usulan jumlah kartu kanban perintah produksi untuk *part number* D5745000220903 dengan ukuran lot = 21, di *work center* mesin Deckel Maho berjumlah 1 kartu dan di gudang *part* jadi berjumlah 1 kartu.

Dengan menggunakan ukuran lot = 4, maka didapat jumlah kartu kanban yang berbeda. Usulan jumlah kartu kanban perintah produksi untuk *part number* D5745000220903, di *work center* mesin Deckel Maho berjumlah 4 kartu dan di gudang *part* jadi berjumlah 4 kartu.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, dapat dilihat pada Tabel IV.2 jumlah kartu kanban perintah produksi yang akan beredar di lantai produksi tergantung dari ukuran lot yang akan dipakai.

Tabel IV.2 Jumlah Kartu Kanban Perintah Produksi

Work center	Kanban Perintah Produksi	
	Lot = 4	Lot = 21
Mesin Deckel Maho	4	1
Gudang <i>part</i> jadi	4	1

Sistem kanban memiliki kemampuan dalam menyesuaikan diri terhadap fluktuasi kecil dalam permintaan. Jumlah kartu kanban yang telah dirancang dan akan diterapkan di lantai produksi dapat berubah dikarenakan adanya fluktuasi permintaan. Karenanya, dilakukan simulasi agar dapat dilihat jumlah permintaan minimal dan jumlah permintaan maksimal yang dapat ditangani oleh jumlah kartu kanban yang telah dihitung sebelumnya. Simulasi tersebut dilakukan secara sederhana dengan menggunakan *excel*. Pada simulasi tersebut diasumsikan *lead time* dan *safety factor* bernilai tetap, yang berubah hanya permintaan.

Tabel IV.3 Jumlah Permintaan Minimal dan Permintaan Maksimal

Work center	Permintaan Minimal (<i>part</i>)		Permintaan Maksimal (<i>part</i>)	
	Lot = 4	Lot = 21	Lot = 4	Lot = 21
Mesin Deckel Maho	9	-	11	13
Gudang <i>part</i> jadi	10	-	12	13

Jika perubahan permintaan kurang dari permintaan minimal, maka jumlah kartu kanban yang beredar akan lebih kecil dari 4 kartu. Sebaliknya, jika pada perubahan permintaan lebih dari permintaan maksimal, maka jumlah kartu kanban yang beredar akan lebih besar dari 4 kartu. Jika perusahaan tetap menggunakan 4 kartu kanban, maka akan terjadi penumpukan yang berlebih pada permintaan minimal dan akan terjadi *out of stock* dan permintaan tidak dapat terpenuhi jika permintaan melebihi permintaan maksimal.

2.4 Desain Kartu Kanban

Kartu kanban dirancang agar mudah dimengerti oleh penggunanya. Fungsi kanban adalah sebagai media informasi, karena itu kanban harus dapat memberikan informasi yang dibutuhkan dan memberikan kemudahan dalam membaca informasi yang ada di kartu tersebut. Kartu kanban yang didesain mengandung informasi yang berbeda untuk setiap jenisnya.

Usulan sistem kanban yang dibuat akan menggunakan kartu. Dimana kartu yang tersebut terbagi menjadi dua jenis, yaitu kartu perintah produksi (*production card*) dan kartu pengambilan (*withdrawal card*). Dalam kartu tersebut berisi informasi yang dibutuhkan secara singkat mengenai *part number*, *lot size* dan lokasi.

Kartu perintah produksi adalah kartu yang berfungsi sebagai sinyal untuk melakukan aktivitas produksi. Pada kartu tersebut terdapat informasi yang dibutuhkan dalam melakukan produksi. Hal yang paling penting yang perlu diperhatikan adalah aktivitas produksi tidak boleh berjalan sebelum adanya kartu produksi tersimpan di pos kanban. Desain kartu kanban perintah produksi dapat dilihat pada Gambar III.1

PRODUCTION CARD	
No. Card	Part Number
Part Description	
Program	Proses
Standard Time	Jumlah/Ukuran Lot

Gambar IV.2 Kartu Kanban Perintah Produksi

Kartu tersebut berukuran 12 cm x 7 cm. Informasi yang tersedia pada tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Nomor Kartu
Menunjukkan jumlah kanban perintah produksi yang beredar.
- b. *Part Number*
Memberikan informasi mengenai kode *part* yang akan diambil oleh kanban pengambilan dan akan diproduksi oleh kanban perintah produksi.
- c. *Part Description*
Memberikan informasi mengenai nama *part* yang akan diambil atau diproduksi.
- d. Program
Menunjukkan program dari *part number* yang akan diproduksi.
- e. Proses

- f. Jumlah
Menunjukkan kapasitas *part* atau ukuran lot yang ada dalam kanban.
- g. *Standard Time*
Memberikan informasi mengenai waktu standard yang dimiliki.

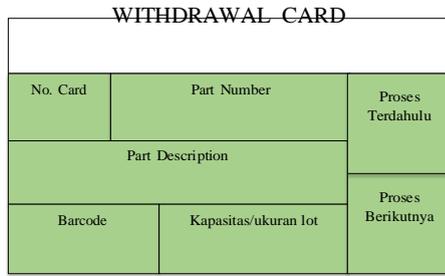
Kartu pengambilan adalah kartu yang berperan sebagai sinyal ketika ada permintaan. Kartu ini berfungsi untuk memberikan sinyal untuk mengambil material atau WIP. Kartu kanban pengambilan ini akan berbeda tergantung dari dimana *part* akan diambil. Perbedaan tersebut ada pada informasi dan warna yang ada pada kartu. Desain kartu kanban pengambilan dapat dilihat pada Gambar IV.3

WITHDRAWAL CARD		
No. Card	Part Number	Proses Asal
Part Description		
Tipe Billet	Billet Description	Proses Tujuan
Barcode	Kapasitas/ukuran lot	

Gambar IV.3 Desain Kartu Pengambilan

Kartu pengambilan berwarna kuning dan berlaku untuk *work center* mesin Deckel Maho yang mengambil material ke gudang. Informasi yang ada pada kartu tersebut diantaranya:

- a. Nomor Kartu
Menunjukkan jumlah kanban pengambilan yang beredar.
- b. *Part Number*
Memberikan informasi mengenai kode *part* yang akan diambil oleh kanban pengambilan dan akan diproduksi oleh kanban perintah produksi.
- c. *Part Description*
Memberikan informasi mengenai nama *part* yang akan diambil atau diproduksi.
- d. *Tipe Billet*
Memberikan informasi mengenai jenis *billet* atau material yang dibutuhkan.
- e. *Billet Description*
Memberikan informasi mengenai klasifikasi billet atau raw material yang diperlukan untuk proses produksi
- h. Kapasitas
Menunjukkan kapasitas atau ukuran lot yang ada dalam kanban.
- i. Proses Asal
Memberikan informasi mengenai asal *part*.
- j. Proses Tujuan
Memberikan informasi mengenai tujuan pengiriman *part*. Tujuan tersebut merupakan tempat yang membutuhkan *part* dan yang mengirimkan kanban pengambilan.
- k. *Barcode*
Memberikan informasi dalam bentuk kode batang.



Gambar IV.4 Desain Kartu Pengambilan

Kartu pengambilan yang kedua berwarna hijau dan berlaku untuk gudang *part* jadi yang mengambil *part* ke *work center* mesin Deckel Maho. Informasi yang ada pada kartu tersebut hampir sama, hanya saja pada kartu tersebut tidak ada informasi mengenai tipe *billet* dan kode *billet*. Selain itu, yang membedakannya adalah warna dari kartu kanban.

Kartu pengambilan dibagi menjadi dua dikarenakan pada *work center* tersebut memiliki kebutuhan yang berbeda. Karena fungsi kanban sebagai *visual control* dan agar operator dapat membedakan jenis pekerjaan yang diminta.

Berdasarkan VSM *future state* diketahui bahwa jumlah penumpukan yang ada di lantai produksi mengalami penurunan. Hal tersebut disebabkan dengan penerapan sistem kanban, jumlah permintaan yang ada di lantai produksi akan dibatasi dengan adanya kartu kanban. Dengan menggunakan ukuran lot sebesar 4 part, didapat total *lead time* setelah dirancang sistem kanban adalah 387.528 jam. Perbandingan antara *future state map* dan *current state map* dapat dilihat pada Tabel IV.3

Keterangan	Current State	Future State
Value Added Time	15.39	15.39
Lead Time	499.748	387.528
WIP Mesin HAAS	32 part	16 part
WIP Mesin Deckel Maho	48 part	16 part

Tabel IV.3 Perbandingan *Future State Map* dan *Current State Map*

Perbedaan antara *current state map* dan *future state map* dapat dilihat berdasarkan *lead time* dan jumlah *inventory* yang berkurang dari kondisi sebelumnya. Berdasarkan hasil *value stream mapping current state* diperoleh total *lead time* sebesar 499.748jam dan nilai *value added time* sebesar 15.39 jam. *Lead time* yang lama disebabkan karena terjadinya penumpukan WIP di beberapa *work center* sehingga terjadi *non value added time* sebesar 412.332 jam. Perbedaan antara *value added time* dan *non value added time* sangat jauh dan menyebabkan aliran proses yang tidak lancar.

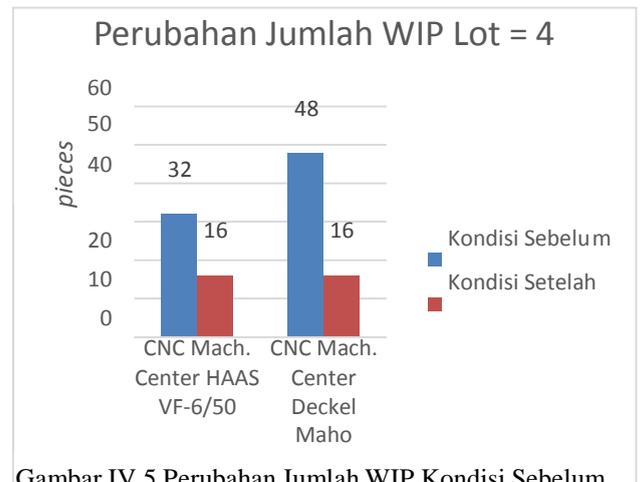
Pemetaan *future state map* dilakukan setelah dirancang sistem kanban pada lantai produksi. Pada *future state map* tersebut diprediksi akan didapat *lead time* sebesar 387.528 jam. Total *lead time* turun sebesar 22.46% dari kondisi awal. Dapat dilihat pada *future state map*, dengan dibuatnya sistem kanban dapat

membatasi material yang dipesan sehingga penumpukan pada WIP dapat dikurangi.

B. Perubahan Setelah Perancangan Sistem Kanban

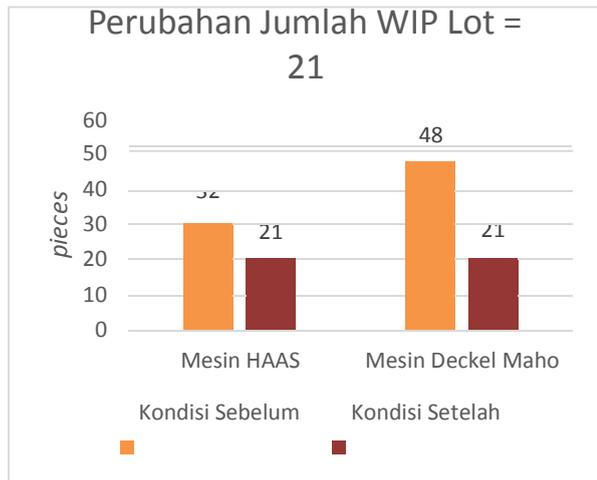
1. Perubahan Penumpukan WIP

Tingkat persediaan WIP di lantai produksi akan mengalami perubahan dengan dirancangnya sistem kanban. Penelitian ini tidak sampai pada tahap implementasi, sehingga perubahan stock pada WIP akan dibandingkan dengan hasil penerapan kanban dari penelitian lain. Jumlah penumpukan WIP maksimum akan sama dengan jumlah kartu kanban dikali dengan kapasitas per kanban [6]. Persediaan tersebut mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi awal. Perubahan jumlah WIP tersebut dapat dilihat pada Gambar IV.5 dan Gambar IV.6.



Gambar IV.5 Perubahan Jumlah WIP Kondisi Sebelum dan Setelah Sistem Kanban dengan Ukuran Lot 4

Penurunan *stock* di mesin HAAS sebesar 50%, sedangkan pada mesin Deckel Maho mengalami penurunan *stock* sebesar 67%. Penurunan WIP tersebut terjadi karena jumlah yang diproduksi disesuaikan dengan permintaan. WIP yang ada merupakan jumlah maksimal yang ada di *work center* mesin tersebut. Pada mesin Deckel Maho terdapat pos kanban yang memiliki jumlah kartu kanban maksimal yaitu 4 dengan masing-masing kartu memiliki kapasitas 4 part. Sehingga jumlah maksimal dari WIP yang ada di *work center* Deckel Maho sebanyak 16 part. Sedangkan WIP yang ada di *work center* mesin HAAS dipengaruhi oleh permintaan yang ada di *work center* Deckel Maho. Hal ini dikarenakan jumlah kartu kanban yang beredar di *work center* mesin HAAS untuk *part number* D5745000220803 berjumlah sama dengan yang ada di *work center* Deckel Maho yaitu 4 kartu.



Gambar IV.6 Perubahan Jumlah WIP Kondisi Sebelum dan Setelah Sistem Kanban dengan Ukuran Lot 21

Penurunan *stock* di mesin HAAS sebesar 34%, sedangkan pada mesin Deckel Maho mengalami penurunan *stock* sebesar 56%. Penurunan WIP tersebut terjadi karena jumlah yang diproduksi disesuaikan dengan permintaan. WIP yang ada merupakan jumlah maksimal yang ada di *work center* mesin tersebut. Hal ini dikarenakan pada mesin HAAS terdapat satu kartu kanban yang memiliki kapasitas sebesar 21 unit.

2. Perubahan Lead Time

Lead time pada rantai produksi juga mengalami perubahan dengan dirancangnya sistem kanban. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran *lot* yang diberlakukan di rantai produksi. Semakin besar ukuran *lot* akan semakin panjang *lead time* untuk memproduksi *part* tersebut. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil ukuran *lot* akan semakin pendek *lead time*-nya. Dengan ukuran *lot* yang kecil, waktu penyelesaian satu *lot* tersebut akan semakin cepat penyelesaiannya. Dalam memenuhi permintaan sebanyak 21 *part* per 10.5 hari, ukuran *lot* 21 membutuhkan waktu sebesar 5,155.28 jam. Sedangkan ukuran *lot* 4, untuk memenuhi permintaan tersebut membutuhkan waktu sebesar 354.79 jam. Hal ini dikarenakan pada ukuran *lot* 4, *part* akan berpindah ke *work center* berikutnya jika satu *lot* telah selesai diproduksi. Sehingga *lead time* yang terjadi akan semakin berkurang. Walaupun dengan ukuran *lot* 4 perpindahan yang terjadi semakin sering dilakukan.

C. Penggunaan Kanban

Part number D5745000220903 *closing rib* akan digunakan sebanyak 2 unit per hari. Kanban ke 1 akan digunakan pada hari pertama untuk proses produksi. Karena setiap kanban berisi 4 *part*, maka kanban ke 1 akan habis sampai hari kedua, kemudian akan langsung dilakukan pemesanan kembali. Pada hari ketiga, kanban ke 2 mulai digunakan sampai habis pada hari keempat dan dilakukan pemesanan kembali. Begitupun dengan kanban ke 3. Perputaran kanban tersebut juga berlaku pada gudang *part* jadi yang memiliki jumlah kartu kanban sebanyak 6 kartu

D. Kelebihan dan Kekurangan Sistem

Ada beberapa kelebihan dan kelemahan dari sistem yang dibuat. Kelebihan dari sistem yang dibuat adalah sebagai berikut:

- a. Semua kartu memiliki fungsi tersendiri.
- b. Dapat meminimumkan persediaan *work in process* pada rantai produksi.

Selain memiliki kelebihan, pada sistem yang dirancang juga memiliki kekurangan. Kekurangan tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Kartu yang beredar dapat hilang ditengah perjalanan.
- b. Pengangkutan pada setiap *work center* dapat lebih sering.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Mekanisme sistem kanban yang diusulkan adalah sistem kanban dengan dual card. Sistem dual card kanban memberikan pengendalian yang ketat terhadap tingkat persediaan. Kartu kanban yang berlaku pada adalah kanban perintah produksi dan kanban pengambilan. Kartu pengambilan dibedakan rancangannya disesuaikan dengan tempat kartu beredar. Kanban pengambilan akan dilepas ke *work center* sebelumnya saat *part* atau raw material yang dibutuhkan tidak ada di *work center* tersebut. Sedangkan kanban perintah produksi akan dilepas saat *part* yang diinginkan tidak dapat terpenuhi atau telah habis dikonsumsi.

Hal-hal yang dirancang untuk mendukung sistem kanban yang dibuat adalah sebagai berikut:

- a. Desain pos kanban
Pos kanban berguna sebagai tempat persinggahan untuk kartu-kartu kanban. Pos kanban yang dirancang berbentuk papan persegi panjang. Pada pos kanban tersebut terdapat kolom-kolom yang nantinya akan diisi dengan kartu kanban pengambilan dan kartu kanban perintah produksi. Pos kanban akan diletakkan pada gudang raw material, *work center* mesin Deckel Maho dan gudang *part* jadi.
- b. Desain kartu kanban
Terdapat dua jenis kartu kanban yang dirancang yaitu kanban pengambilan dan kanban perintah produksi. Fungsi kanban adalah sebagai media informasi, karena itu kanban harus dapat memberikan informasi yang dibutuhkan dan memberikan kemudahan dalam membaca informasi yang ada di kartu tersebut. Semua jenis kartu kanban tersebut memiliki warna yang berbeda-beda tetapi memiliki ukuran yang sama.
Kanban perintah produksi memiliki warna biru. Sedangkan kanban pengambilan dibedakan warnanya tergantung pada benda yang diambil. Warna kuning untuk mengambil raw material dan warna hijau untuk mengambil *part* dari *work center* lain.
2. Jumlah kartu kanban yang beredar harus dibatasi. Hal tersebut dikarenakan jika terlalu banyak kartu kanban

yang beredar akan menyebabkan jumlah part yang ada di lantai produksi semakin banyak. Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa jumlah kartu kanban yang diperlukan untuk beredar di lantai produksi adalah sebagai berikut:

Work center	Kanban Pengambilan		Kanban Perintah Produksi	
	Lot = 4	Lot = 21	Lot = 4	Lot = 21
Mesin Deckel Maho	4	1	4	1
Gudang part jadi	4	1	4	1

Jumlah kartu kanban pada ukuran lot = 4 terdapat kartu kanban cadangan sebanyak 2 kartu di gudang part jadi agar dapat memenuhi permintaan dan tidak terlalu banyak terjadi penumpukan WIP di lantai produksi. Pada sistem kanban yang dirancang, part akan dipakai sampai habis dikonsumsi lalu dilakukan pengisian kembali, sehingga tidak terjadi kekurangan part. Jumlah kartu kanban yang telah ditentukan akan mempengaruhi jumlah WIP dan total lead time yang dimiliki oleh perusahaan. Perubahan yang terjadi adalah sebagai berikut:

- a. Penumpukan WIP di lantai produksi mengalami penurunan dibandingkan dengan kondisi awal. Berdasarkan hasil penelitian didapat penurunan WIP tersebut adalah sebagai berikut:

Work center	Kondisi Awal (unit)	Penurunan WIP
		Lot = 4
CNC V Mach. Center HAAS VF-6/50	32	50%
CNC U. Mach Center Deckel Maho	48	67%

- b. Pengurangan lead time dari hasil penelitian diketahui terjadi sebesar 32.64% jika ukuran lot yang dipakai adalah 4 part/lot. Sedangkan jika ukuran lot adalah 21 lead time yang terjadi semakin besar dibandingkan dengan kondisi awal.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ristono, A. (2010). *Sistem Produksi Tepat Waktu*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

[2] Fogarty, D. W., Jr, B., H, J., & Hoffman, T. R. (1991). *Production & Inventory Management 2nd Edition*. Ohio: South Western Publishing Co.

[3] Liker, J. K. (2006). *The Toyota Way*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

[4] Monden, Y. (1995). *Sistem Produksi Toyota: Suatu Ancangan Terpadu untuk Penerapan Just In Time Buku Pertama* (2nd ed.). Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.

[5] Hartini, S., & Rizkiya, I. (2013). Perancangan Sistem Kanban Untuk Pelancaran Produksi dan Mereduksi Keterlambatan. 193-202.

[6] Amri. (2006). Penerapan Sistem Kanban Penyediaan Material Untuk Proses Produksi Pada PT X. *Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 7 No. 4*, 11-20.

