

LEAN PRODUCTION

Wildanul Isnaini



Penerbit UNIPMA Press

Universitas PGRI Madiun
Jl. Setia Budi No.85 Madiun, Jawa Timur 63118
E-mail: upress@unipma.ac.id
Website: kwu.unipma.ac.id

ISBN 978-623-8095-10-0



9 786238 095100

LEAN PRODUCTION

WILDANUL ISNAINI



LEAN PRODUCTION

Wildanul Isnaini





Lean Production

Penulis:

Wildanul Isnaini, ST., M.Sc.

Editor:

Chintya Pralampita Hendrastati, S.T.

Perancang Sampul:

Chintya Pralampita Hendrastati, S.T.

Penata Letak:

Chintya Pralampita Hendrastati, S.T.

Cetakan Pertama, Desember 2022

Diterbitkan Oleh:

UNIPMA PRESS

Universitas PGRI Madiun

Jalan Setiabudi No.85 Madiun Jawa Timur 63118

Telp. (0351) 462986, Fax. (0351) 459400

E-mail: upress@unipma.ac.id

Anggota IKAPI: No. 207 / Anggota Luar Biasa/JTI/2018

ISBN: 978-623-8095-10-0

Kata Pengantar

Rasa syukur diucapkan kehadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat-Nya lah penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul "**Lean Production**". Buku ini menjadi salah satu karya penulis yang sangat berkesan karena melalui buku ini pembaca umumnya, mahasiswa Strata 1 Teknik Industri khususnya, dapat memperoleh materi berkesinambungan untuk beberapa mata kuliah. Buku ini berisi penjelasan komprehensif tentang sistem produksi ramping (*Lean Production*) yang merupakan tujuan utama bagi perusahaan-perusahaan manufaktur. Seorang lulusan Teknik Industri diharapkan dapat menguasai beberapa *tools* untuk mencapai Produksi *Lean* bagi perusahaan dimana mereka bekerja di masa depan. Sehingga, diharapkan buku ini dapat menjadi rujukan dasar bagi mahasiswa Teknik Industri.

Buku ini berisi tentang identifikasi pemborosan, aliran produksi, aliran produksi berkelanjutan, meningkatkan aliran produksi, dan menjaga aliran produksi. Selain penjelasan terkait topik tersebut, buku ini berisi tentang contoh-contoh dan latihan soal yang aplikatif diperusahaan.

Penulis menyadari bahwa buku ini masih belum sempurna. Beberapa sub-bab terkait *Lean Production* masih perlu ditambahkan dan disempurnakan dikemudian hari. Saran dan kritik dari pembaca sangat diharapkan sebagai inputan penyempurnaan karya selanjutnya.

Salam,

Penulis

Daftar Isi

Halaman Sampul	
Lembar ISBN	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	v
1. Pendahuluan: Identifikasi Waste	1
a. Process Product Matrix	7
b. Toyota Manufacturing System (TPS)	14
c. Produktivitas dan Waste	18
d. Mura, Muri, Muda	25
e. Analisis Aliran Nilai	31
2. Pemahaman Aliran: Analisis Kapasitas	46
a. Diagram Proses	47
b. Bottleneck	49
c. Analisis Kapasitas	56
d. Little's Law	59
e. Variabilitas	62
f. Takt Time dan Manajemen Permintaan	71
3. Aliran Berkelanjutan: Pengurangan Waktu Setup	85
a. Waktu Setup	88
b. Overall Equipment Effectiveness (OEE)	91
4. Meningkatkan Aliran: Organisasi dan Visualisasi Tempat Kerja	100
a. Visualisasi Tempat Kerja	101
b. Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain (5S)	108
5. Menjaga Aliran: Sistem Tarik dan Penjadwalan	119
a. Just-in-Time	120
b. Sistem Tarik dan Dorong	123
c. Heijunka	126
d. Kanban	130



Pendahuluan **IDENTIFIKASI WASTE**

Definisi Lean Manufacturing

Lean dalam bahasa berarti kurus atau ramping. Dalam produksi, sistem yang ingin dicapai adalah sistem yang *Lean* atau ramping yaitu *Lean Production*. *Lean production* sendiri merupakan sebuah strategi perusahaan dalam menghilangkan *waste* atau pemborosan yang tidak memberikan nilai ekonomis.

Pemborosan dapat terjadi di seluruh lini produksi dari hulu hingga hilir. Sehingga, perusahaan yang berkomitmen untuk menerapkan *Lean Production* dalam sistem produksinya artinya harus berkomitmen mengurangi *waste* atau pemborosan dari hulu ke hilir.



Lean production sendiri merupakan filosofi yang dikembangkan oleh *Toyota Production System* (TPS).

Terdapat 4 manfaat utama dari *Lean Production*, yaitu:



Gambar 1.1 Manfaat *Lean Production*

Selain itu, terdapat 5 prinsip dalam *Lean Production*, yaitu:

VALUE



Besar kecil value ditentukan oleh persektif pelanggan
Seberapa besar pelanggan mau membayar untuk produk atau jasa yang ditawarkan. Produsen menerjemahkan value dengan melakukan efisiensi proses produksi melalui lean production

VALUE STREAM

Proses identifikasi pemborosan yang terjadi

Identifikasi mencakup seluruh proses produksi suatu produk mulai dari raw material hingga *finished good*. Dari *Value Stream* akan terlihat pemborosan mana dan di stasiun kerja mana yang harus dihilangkan



FLOW



Memastikan proses berjalan dengan lancar

Flow atau aliran dalam proses produksi sangat mempengaruhi efisiensi dan efektivitas. *Flow process* yang tidak lancar mempengaruhi waktu tunggu stasiun kerja selanjutnya (*work in process*).

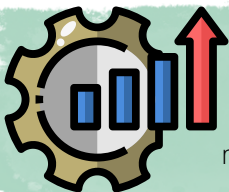
PULL SYSTEM

Sistem tarik bekerja ketika ada permintaan

Pull system dapat meminimasi penumpukan material dan barang setengah jadi karena pada sistem ini permintaan akan diproses ketika stasiun kerja selanjutnya meminta.



PERFECTION



Kesempurnaan produksi yang diusahakan secara terus menerus menggunakan Kaizen

Upaya perbaikan pada *lean production* dilakukan secara terus menerus untuk mendapatkan hasil yang lebih baik atau optimal.

Gambar 1.2 Prinsip *Lean Production*

Pemborosan (*waste*) adalah hal utama yang akan dihilangkan dalam *Lean Production*. Terdapat 7 jenis pemborosan dalam proses produksi, yaitu:



Gambar 1.3 Tujuh Jenis Pemborosan

1 Overproduction

Pemborosan ini terjadi ketika jumlah produksi terlalu banyak dibandingkan dengan permintaan pelanggan. Jumlah produksi yang jauh berbeda dengan permintaan pasar menyebabkan peningkatan biaya simpan dan modal kerja

2 Waiting

Menunggu dapat menyebabkan terbuangnya waktu kerja. Proses menunggu biasanya terjadi ketika ada keterlambatan stok dari stasiun kerja sebelumnya. Pemborosan ini dapat meningkatkan biaya produksi karena dan rendahnya efisiensi pekerja karena meningkatnya *idle time*.

3 Transport

Pemborosan ini berkaitan dengan pergerakan material dari satu tempat ke tempat lain. Sistem transportasi atau *material handling* yang tidak tepat menyebabkan meningkatnya waktu tunggu yang berpotensi pada keterlambatan kedatangan material atau produk. Sehingga, memilih *material handling* yang tepat adalah hal yang penting bagi perusahaan untuk dapat mencapai *Lean Production*.

4 Movements

Pemborosan Gerakan/*motion/movement* dapat terjadi baik pada operator ataupun mesin. Sehingga, perusahaan perlu merancang tata letak mesin atau *tools* yang digunakan oleh operator dan mesin agar saat melakukan proses produksi tidak terlalu banyak melakukan pergerakan.

5 Process

Desain proses yang tidak optimal dapat menyebabkan pemborosan seperti pekerjaan yang terlalu banyak, jarak stasiun kerja yang terlalu jauh, tata letak fasilitas kurang sesuai, serta alur proses yang kurang *smooth*. Pemborosan ini dapat dikurangi dengan cara memahami proses produksi yang berlangsung dan merancanginya sesuai keilmuan Teknik Industri

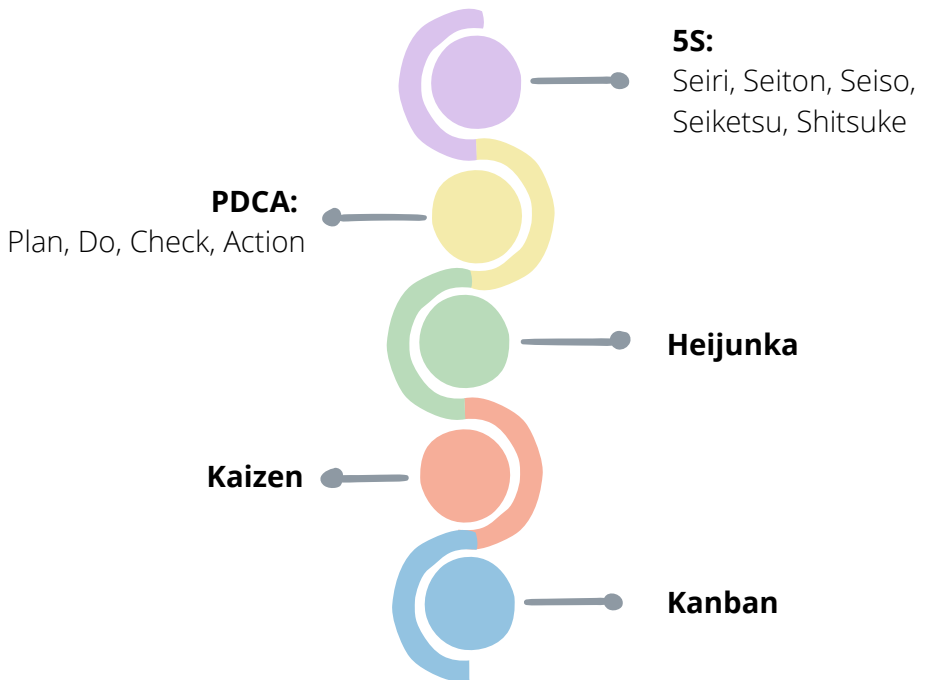
6 Stock

Stok yang terlalu banyak akibat banyaknya produk jadi dapat menyebabkan meningkatnya *cost* bagi perusahaan (*holding cost*). *Hodling cost* dapat di kurangi dengan menerapkan prinsip *Just in Time* dan *zero inventory* seperti halnya *Toyota Production System* (TPS).

7 **Flaws/Defect**

Produk cacat/*defect* yang ditemukan selama proses produksi atau produk jadi harus dilakukan *repair* atau *rework*. Proses *repair* atau *rework* dikenakan pada produk yang dapat diperbaiki namun ketika cacat produk sudah tidak dapat diperbaiki produk tersebut akan di “buang” atau masuk dalam kategori *Not Good* (NG). Pekerjaan *repair* atau *rework* dapat menyebabkan waktu proses dan biaya produksi meningkat. Untuk mengurangi pemborosan ini, perusahaan biasanya akan menerapkan *quality control* pada beberapa stasiun kerjanya. Sehingga, proses *quality control* tidak hanya dilakukan pada produk jadi saja

Terdapat beberapa *tools* yang dapat digunakan untuk mencapai *Lean production*. *Tools* ini akan dibahas lebih lengkap pada bab-bab selanjutnya. *Tools* tersebut antara lain:



Gambar 1.4 *Tools Lean Production*

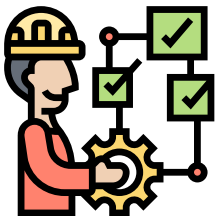
a. Process-Product Matrix

Process-Product Matrix menggabungkan siklus hidup produk, yang mencakup semua aspek proses pengembangan produk yaitu dari ide hingga pertumbuhan atau penurunan produk siklus hidup produk, dengan perspektif peningkatan efisiensi biaya dan proses produksi. Pada sub-bab ini akan dibahas tentang perbedaan dari *mass production* dan *craft production*.



Gambar 1.5 Ilustrasi *Mass* dan *Craft Production*

Craft Production



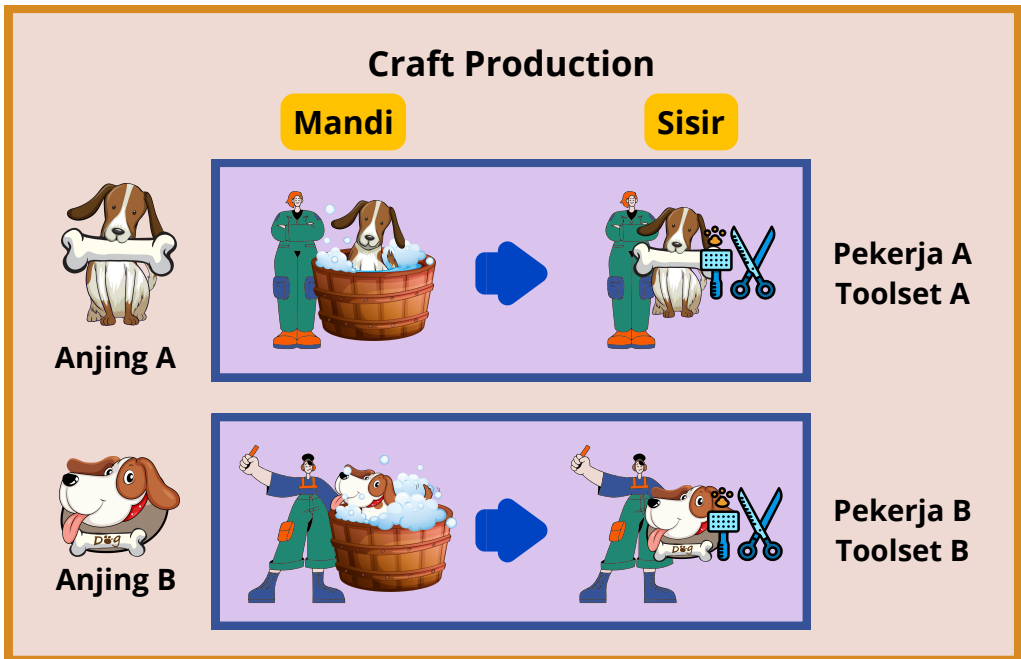
Pada *craft production* Anjing A akan diproses oleh Pekerja A menggunakan Toolset A. Dan, Anjing B akan diproses oleh Pekerja B dan menggunakan Toolset B.

Mass Production

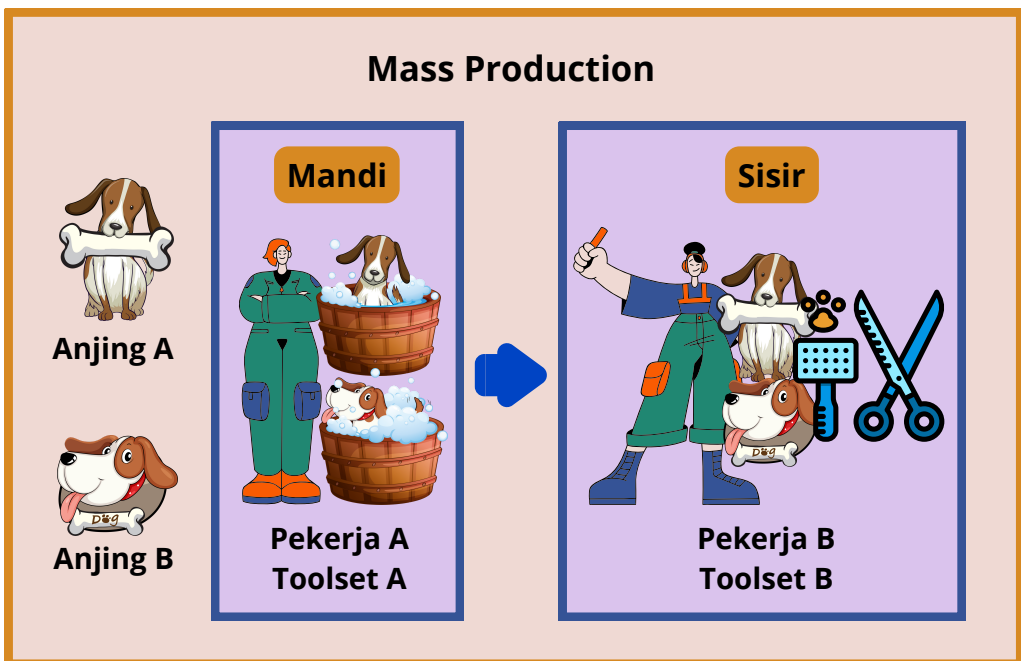


Sedangkan pada *Mass Production*, Anjing A dan Anjing B akan masuk secara bergantian ke stasiun Mandi dan kemudian Sisir. Satu stasiun akan diproses oleh 1 Pekerja beserta *tools* yang digunakan pada stasiun tersebut.

Berikut adalah bagan proses pada *craft* dan *mass production*:



Gambar 1.6 Bagan Proses *Craft Production*



Gambar 1.7 Bagan Proses *Mass Production*

Saat ini, proses produksi di perusahaan lebih banyak menggunakan *mass production*. Terdapat beberapa keuntungan dari proses produksi masal (*Mass Production*), yaitu:

Efficiency

- Setiap pekerja mempunyai kemampuan spesifik untuk menyelesaikan proses di stasiun kerjanya masing-masing.
- Pekerja tidak membutuhkan tingkat keahlian yang luas (*broad skill level*)
- Stasiun kerja dan *tools* dapat di optimasi untuk proses di stasiun kerja tersebut
- Tidak ada waktu terbuang untuk peralihan aktivitas

Quality

Proses produksi masal (*mass production*) dapat meningkatkan kualitas karena produksi yang terstandarisasi dan pekerjaan yang terbatas pada tiap stasiun kerjanya.

Selain keuntungan, pada proses produksi masal mempunyai tantangan, berikut adalah beberapa tantangan dalam *mass production* :

- *Idle time* pekerja
Dalam beberapa kasus, pekerja harus menunggu pekerjaan di stasiun sebelumnya selesai untuk dapat melakukan proses pada di stasiun kerjanya
- Waktu *setup* mesin yang lama
Operator perlu melakukan *setup* mesin untuk memulai proses pada stasiun kerja
- Proses produksi lebih lama
- *Inventory* tinggi



Demotivasi pekerja

Demotivasi kerja dapat terjadi akibat kejenuhan melakukan proses yang sama terus pada stasiun kerja.

Hal penting lainnya yang dibutuhkan dalam produksi massal adalah bagaimana perusahaan memisahkan pekerjaan sehingga operator/pekerja mempunyai *skill* yang baik untuk menyelesaikan pekerjaan yang ada di stasiun kerjanya. Selain itu, adanya *part* yang lebih general dan dapat digunakan untuk *part* lain juga dapat mendukung produksi massal.



Matrik Produk Proses

Produk proses adalah cara untuk menghubungkan antara *craft production* dan *mass production*. Dalam matrik produk proses terdapat dua kriteria yang digunakan yaitu pekerjaan (*job view*) dan sumber daya (*resources view*). Pada *job view* terdapat 4 kriteria yang digunakan, yaitu



Highly customized, high product variety



Wide product variety



Moderate product variety



**Highly standardized,
very limited product variety**

Sedangkan pada resources view terdapat 4 kriteria yang digunakan, yaitu:

JOB SHOP

**efisiensi rendah,
fleksibilitas tinggi**

Contoh : *Hospital* (Rumah Sakit)
Setiap pasien pada RS mempunyai penyakit yang berbeda-beda dan penanganan yang berbeda. Proses ini merupakan ciri dari *Job Shop*.



BATCH PROCESS

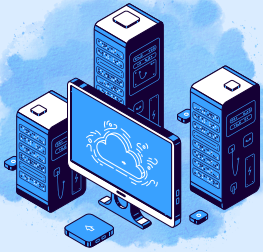
Volume bisa lebih tinggi dengan efisiensi yang lebih tinggi. Proses *batch* biasanya merupakan proses berulang dengan ukuran *batch* tidak terlalu banyak.

Contoh: *Food Processing*
Food Processing mempunyai lebih banyak variasi produk dan unit diproses dalam *batch* produk serupa yang menggunakan sumber daya yang sama untuk beberapa produk yang berbeda (tetapi serupa).



ASSEMBLY LINE

Contoh: *computer assembly,*
automotive assembly



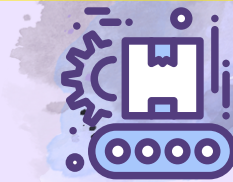
Perakitan computer dan otomotif mempunyai lebih banyak jumlah produksi namun fleksibilitas lebih rendah



CONTINUOUS FLOW

efisiensi tinggi,
fleksibilitas rendah

Pabrik gula dan kimia mempunyai proses produksi yang sangat cepat untuk satu jenis produk sehingga efisiensinya tinggi namun fleksibilitasnya sangat rendah.







Mismatch pada matrik produk proses menunjukkan bahwa tidak akan ditemukan kecocokan pada *resources view* dan *job view* pada *diagonal mismatch* tersebut.

Tabel 1.1 Matrik Produk Proses

Process structure	Highly customized, high product variety	Wide product variety	Moderate product variety	Highly standardized, very limited product variety		
Jumbled flow (Job shop)	Hospital					
Disconnected line flow (Batch process)		Food Processing		Mismatch		
Connected line flow (Assembly Line)			Computer Assembly, Automobile Assembly			
Continuous flow	Mismatch			Sugar Refinery, Chemical Plant		

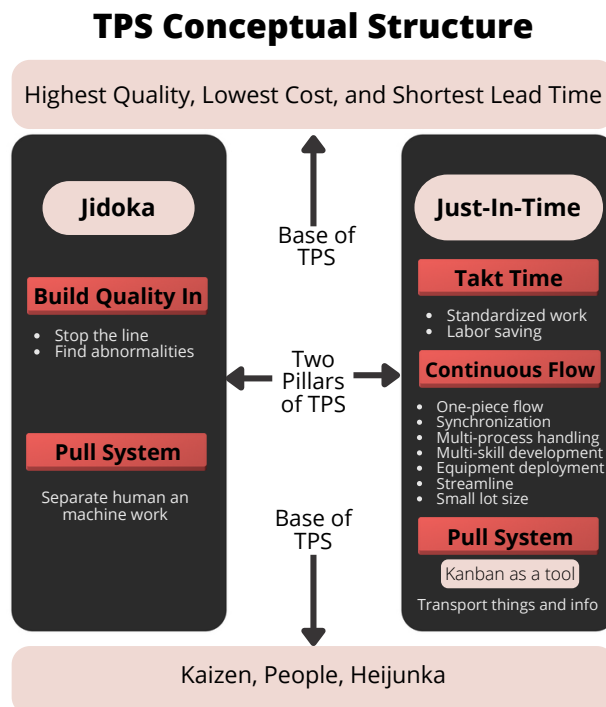
Tabel 1.2 Matrik Produk Proses Detail

Process structure	Highly customized, high product variety	Wide product variety	Moderate product variety	Highly standardized, very limited product variety		
Jumbled flow Job shop						Low
Disconnected line flow (Batch process)				Mismatch		High
Connected line flow (Assembly Line)						Low
Continuous flow	Mismatch					High
	Low ← Volume → High					

b. Toyota Production Systems (TPS)

TPS dikembangkan selama paruh kedua abad ke-20 dan telah memperoleh manfaat dari perbaikan berkelanjutan selama bertahun-tahun untuk meningkatkan kecepatan dan efisiensi produksi kami. Orang lain telah mengakui nilainya juga. Sistem kami telah dipelajari, diadaptasi, dan digunakan di seluruh dunia, tidak hanya oleh produsen, tetapi juga oleh semua jenis bisnis yang ingin membuat kinerjanya lebih efisien.

Toyota Manufacturing System (TPS) merupakan filosofi manufaktur yang sangat original bertujuan untuk menghilangkan adanya *waste* atau pemborosan sehingga efisiensi dapat tercapai. TPS sering juga disebut dengan sistem "*lean*" atau "*just in time*". *Toyota Manufacturing System* (TPS) sendiri di kembangkan berdasarkan dua konsep yaitu *Jidoka* dan *Just in Time*.



Gambar 1.8 Konsep *Toyota Production System*

JIDOKA

JIDOKA

Which means that when a problem occurs, the equipment stops immediately, preventing defective products from being produced.

Jidoka adalah suatu alat atau sistem yang digunakan untuk mengurangi cacat produk. Ketika alat atau sistem ini diterapkan, mesin akan berhenti ketika terjadi kesalahan proses sehingga produk cacat dapat dihindari.

Jika kerusakan peralatan atau bagian yang rusak ditemukan, mesin yang terpengaruh secara otomatis berhenti, dan operator menghentikan produksi dan memperbaiki masalah. Agar sistem *Just-in-Time* berfungsi, semua suku cadang yang dibuat dan dipasok harus memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan. Ini dicapai melalui *jidoka*.

1

Jidoka berarti mesin berhenti dengan aman saat pemrosesan normal selesai. Ini juga berarti bahwa, jika masalah kualitas/peralatan muncul, mesin akan mendeteksi masalahnya sendiri dan berhenti, mencegah produk cacat diproduksi.

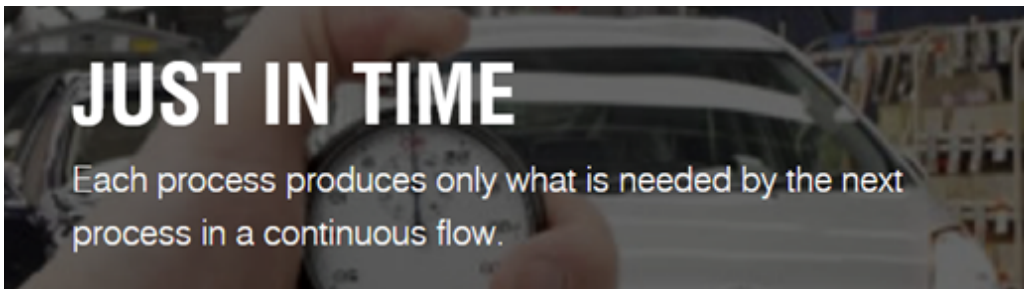
Akibatnya, hanya produk yang memenuhi standar kualitas yang akan diteruskan ke proses berikut di jalur produksi.

2

Karena mesin secara otomatis berhenti ketika pemrosesan selesai atau ketika masalah muncul dan dikomunikasikan melalui "andon" (papan tampilan masalah), operator dapat dengan percaya diri terus melakukan pekerjaan di mesin lain,

serta dengan mudah mengidentifikasi penyebab masalah untuk mencegah kekambuhannya. Ini berarti bahwa setiap operator dapat bertanggung jawab atas banyak alat berat, menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi, sementara peningkatan berkelanjutan menghasilkan kapasitas pemrosesan yang lebih besar.

JUST-IN-TIME



Memproduksi produk berkualitas secara efisien melalui penghapusan lengkap pemborosan, inkonsistensi, dan persyaratan yang tidak masuk akal di lini produksi.

Untuk mengirimkan kendaraan yang dipesan oleh pelanggan secepat mungkin, kendaraan tersebut dibuat secara efisien dalam waktu sesingkat mungkin dengan mengikuti hal-hal berikut:

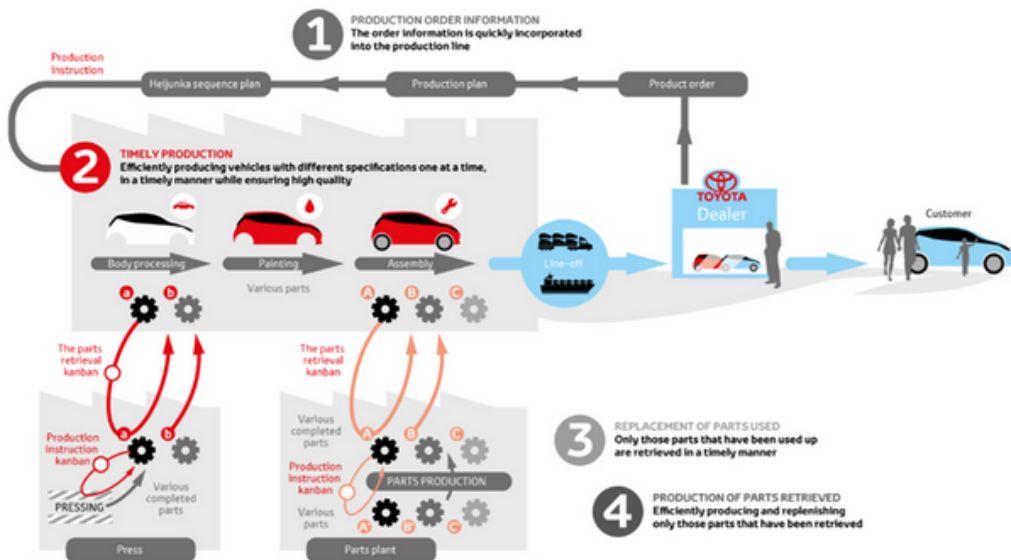
1. Ketika pesanan kendaraan diterima, instruksi produksi harus dikeluarkan ke awal jalur produksi kendaraan sesegera mungkin.

2. Jalur perakitan harus diisi dengan jumlah semua suku cadang yang diperlukan sehingga semua jenis kendaraan yang dipesan dapat dirakit.

3. Jalur perakitan harus mengganti suku cadang yang digunakan dengan mengambil jumlah suku cadang yang sama dari proses produksi suku cadang (proses sebelumnya).

4. Proses sebelumnya harus ditebar dengan jumlah kecil dari semua jenis suku cadang dan hanya menghasilkan jumlah suku cadang yang diambil oleh operator dari proses berikutnya.

Berikut adalah ilustrasi dari *Toyota Production System* (TPS):



Gambar 1.9 *Toyota Production System*

Sumber : www.toyota-europe.com

c. Produktivitas dan Waste

Pada sub-bab sebelumnya telah dijelaskan bahwa terdapat 7 jenis *waste* atau pemborosan yang akan di hilangkan dalam sistem *lean production*, yaitu:

- a. *Transportation*
- b. *Inventory*
- c. *Motion*
- d. *Waiting*
- e. *Over-Processing*
- f. *Overproduction*
- e. *Defects*

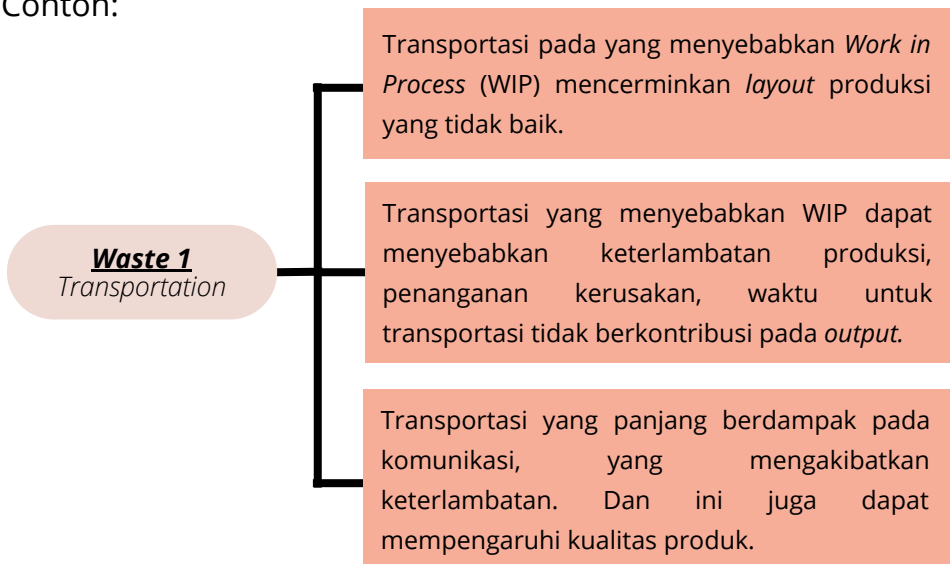
Pada sub-bab ini akan dijelaskan lebih detail terkait 7 jenis *waste* atau pemborosan tersebut.



Transportation

Pemborosan transportasi dijelaskan sebagai pergerakan yang tidak dibutuhkan dari material atau *manpower* saat proses berlangsung.

Contoh:



Gambar 1.10 7 Waste: *Transportation*



Inventory

Inventory merupakan sebuah cara bagi perusahaan untuk mempercepat waktu produksi dalam rangka merespon perubahan variasi atau jumlah permintaan produk. Di sisi lain, banyaknya *inventory* dapat meningkatkan biaya penyimpanan (*holding cost*).

Terdapat 3 jenis *inventory* yang dilakukan perusahaan, yaitu:

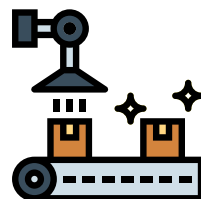
1. *Raw Material*

Raw material adalah bahan baku mentah yang didapatkan dari *supplier*



2. *Work in Process (WIP)*

WIP adalah produk setengah jadi yang disimpan diantara stasiun kerja satu dan lainnya





Work In Process (WIP)

Produk hasil Stasiun Kerja 1 yang dibutuhkan Stasiun Kerja 2

Gambar 1.11 Konsep *Work In Process* (WIP)

3. *Finished Good* (FG)

Finished Good (FG) atau produk jadi disimpan pada akhir produksi yang kemudian akan didistribusikan ke *wholeseller, seller, retailer, atau end customer*



Terdapat beberapa *bad site* dari *inventory*, antara lain:

- *Inventory* seringkali menjadi gejala awal masalah dalam proses yang tersembunyi
- *Inventory* dapat meningkatkan biaya operasional termasuk alat angkut, penyimpanan, dan resiko keusangan
- *Inventory* dapat meningkatkan *Lead Time*

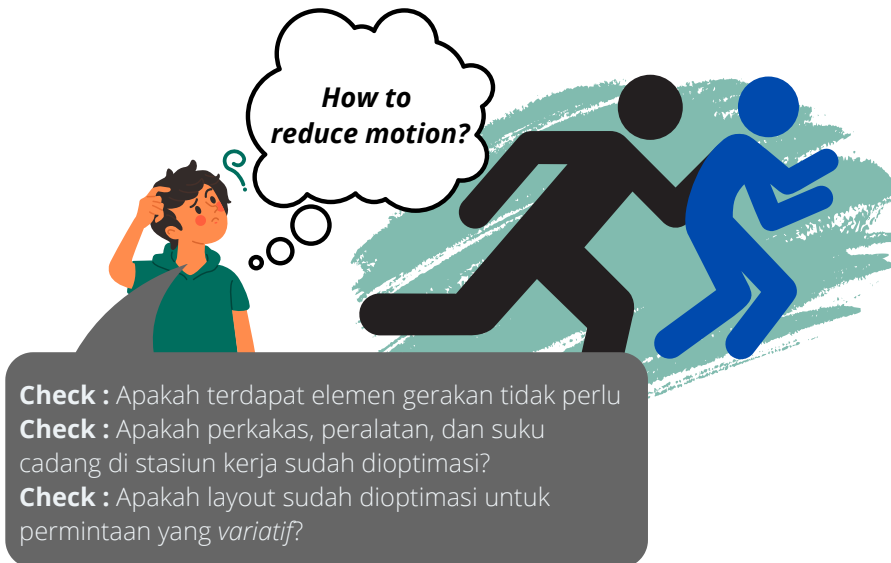




Motion

Motion didefinisikan sebagai pergerakan yang tidak dibutuhkan oleh mesin atau *manpower* dalam menjalankan proses.

Contoh: Pergerakan operator untuk mengambil alat untuk proses *setup* mesin. Banyaknya pergerakan operator untuk melakukan operasi permesinan misal perlu membungkuk atau melakukan posisi yang kurang ergonomis.



Over-processing

Over-processing didefinisikan sebagai operasi atau proses yang tidak dibutuhkan untuk memenuhi permintaan pelanggan. *Over-processing* sering kali terjadi saat *standard* produk maupun proses sulit didefinisikan

Contoh:

- Perusahaan memproduksi produk dengan spesifikasi lebih tinggi daripada kebutuhan konsumen,
- Pemeriksaan kualitas yang tidak diperlukan,
- Melakukan operasi yang tidak diperlukan dan tidak memberikan *added value* pada produk akhir.



Overproduction terjadi ketika perusahaan memproduksi produk lebih cepat dan lebih banyak daripada permintaan konsumen.

Contoh:

Perusahaan memproduksi dalam *batch* yang lebih besar untuk menghindari adanya *setup* ulang mesin

Barang yang diproduksi berlebihan berakhir sebagai *inventory* sehingga hal ini dapat menciptakan pemborosan yang baru.



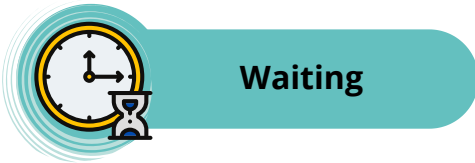
Defect

Defect atau cacat produk terjadi pada saat perusahaan memproduksi produk tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.



Contoh:

- Pengerjaan produk ulang karena tidak sesuai dengan spesifikasi konsumen.
- Terjadi *delay* pada proses produksi tertentu karena perlunya dilakukan *re-adjusting* peralatan dan proses hingga parameter tercapai.



Waktu tunggu merupakan salah satu pemborosan yang dapat terjadi akibat tidak seimbangnya lini produksi. Ketika kapasitas *resource* satu dengan yang lainnya tidak seimbang maka memungkinkan *work in process inventory* (WIP). WIP terjadi karena produk setengah jadi menunggu untuk diproses pada stasiun kerja selanjutnya. Selain itu, *waiting* juga dapat terjadi pada:

- Menunggu kedatangan *raw material* yang terlambat
- Menunggu permintaan konsumen, barang jadi disimpan di Gudang karena belum terserap pasar



- Menyeimbangkan lini produksi
- Pengadaan raw material tepat waktu
- Jumlah produksi sesuai dengan permintaan pasar

d. Mura, Muri, Muda (3M)

Terdapat 3 cara yang digunakan dalam *Lean Production* untuk mengidentifikasi pemborosan yaitu Mura, Muri, Muda.



Gambar 1.12 Mura, Muri, Muda (3M)

Mura

Beban tidak merata

Mura terjadi ketika adanya pekerjaan atau beban yang tidak merata pada proses produksi. Mura juga didefinisikan sebagai hal yang tidak teratur dan tidak seimbang didalam proses produksi.

Contoh dari Mura antara lain:

- Adanya karyawan yang datang terlambat berarti waktunya tidak teratur

- Pembagian material yang tidak merata pada stasiun kerja yang membutuhkan jumlah sama
- Beban pekerjaan pada stasiun kerja satu dan lainnya tidak seimbang. Ada beban kerja yang berlebih di beberapa stasiun kerja
- Jumlah staf di beberapa bagian tidak seimbang dengan pekerjaan



Gambar 1.13 Ilustrasi Mura

Ketimpangan (Mura) yang terjadi dapat menyebabkan kelelahan kerja, stress, kecelakaan kerja, ketidaknyamanan pekerja, serta efektivitas lini produksi tidak optimal.

Muri

Pembebanan berlebih

Muri terjadi ketika ada pembebanan berlebih pada manusia, mesin, dan fasilitas produksi. Muri mendorong mesin dan manusia bekerja melebihi kapasitasnya. Kondisi ini dapat menyebabkan *stress* dan bahkan kecelakaan kerja.



Gambar 1.14 Ilustrasi Muri

Pembebanan pada mesin dapat membuat mesin *breakdown* sehingga tidak bisa melakukan produksi karena harus dilakukan perawatan. Selain itu, ketika mesin diberikan beban diluar kapasitas memungkinkan adanya peningkatan cacat produk.

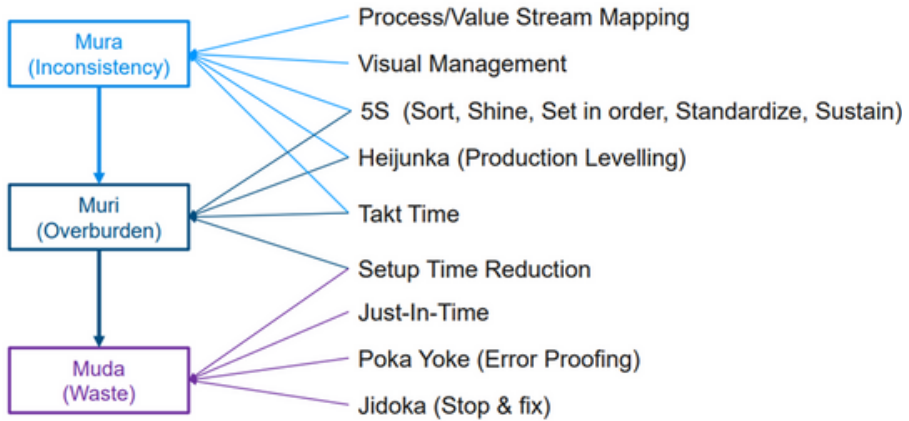
Muda

Kegiatan tanpa
nilai tambah

Muda merupakan pemborosan yang mempunyai arti paling luas yaitu apapun pekerjaan atau aktivitas yang dilakukan namun tidak memberikan nilai tambah pada produk.

Tujuh jenis pemborosan yang telah dibahas pada sub-bab sebelumnya masuk dalam Muda.

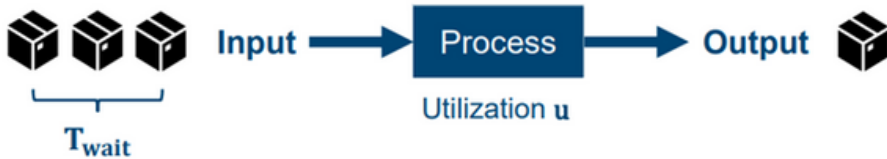
Berikut adalah *area* dari Mura, Muri, dan Muda:



Gambar 1.15 Area Mura, Muri, Muda

Muri dan Little's Law

Berdasarkan Muri dan *Little's Law* didapatkan:



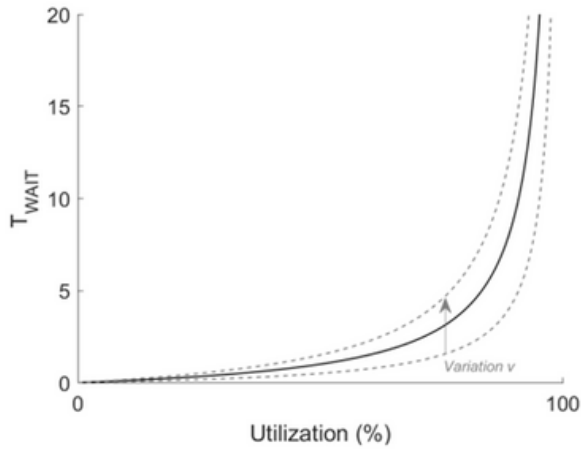
Gambar 1.16 Muri dan *Little's Law*

$$T_{\text{wait}} = p \times \frac{u}{(1 - u)} \times v$$

$$\lim_{\substack{u \rightarrow 1 \\ (100\%)}} T_{\text{wait}} = \infty$$

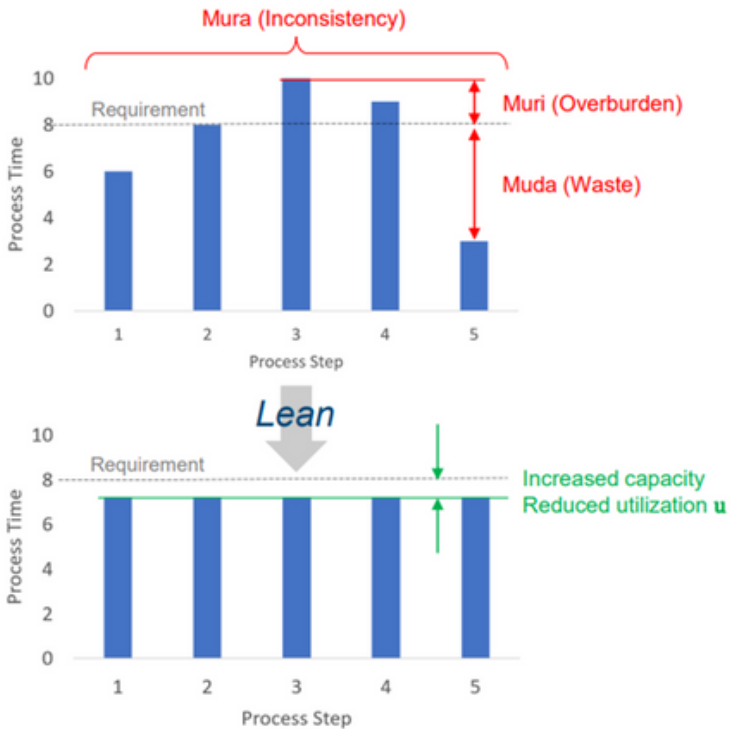
Waktu tunggu didefinisikan sebagai jumlah produk (p) dikali dengan persentase utilisasi ($u/(1-u)$) dan variasi produk (v). Ketika proses produksi berlebih maka terjadi penumpukan pekerjaan sampai tak terhingga. Sehingga, mengurangi beban dapat menciptakan aliran yang lancar.

Gambar 1.15 menunjukkan grafik hubungan antara utilisasi (%) dengan waktu tunggu.



Gambar 1.17 Grafik Hubungan Utilisasi (%) dengan Waktu Tunggu

Penggunaan *Tools Lean* Mura, Muri, dan Muda (3M) dapat meningkatkan kapasitas proses.



Gambar 1.18 Grafik Kapasitas Proses yang meningkat

Ketika perusahaan melakukan:

- Level produksi terdistribusi dengan baik dan seimbang (*Heijunka*)
- Dapat mengeliminasi pekerjaan yang tidak memberikan nilai tambah (*Setup time reduction/Value Stream mapping*)
- Dapat melakukan standarisasi lingkungan kerja (*5S, Visual Management*), dan
- Meminimasi variasi proses (*Six Sigma*)

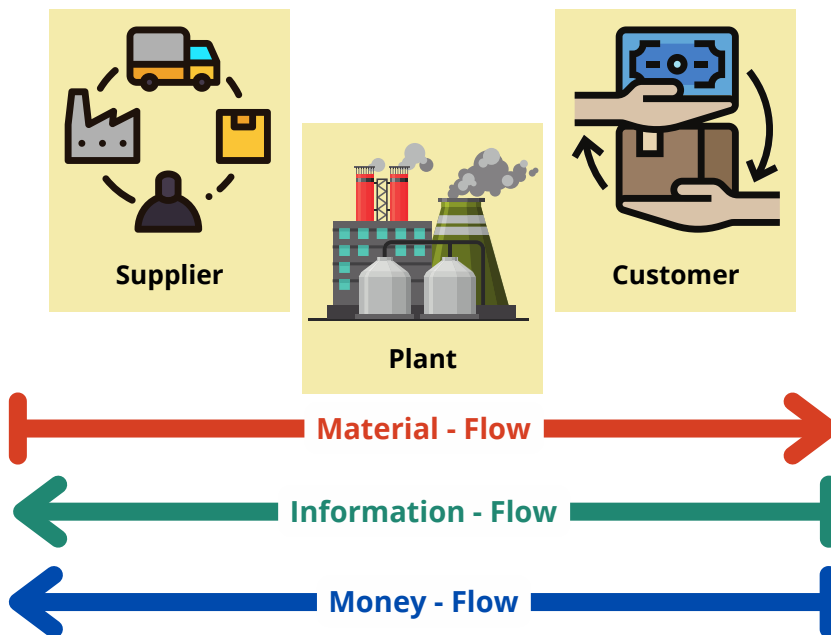
Maka perusahaan dapat mengurangi Muri, Muda, dan meningkatkan kapasitas proses atau dengan kata lain dapat mengurangi pemanfaatan sumber daya.

Dengan kata lain, saat kapasitas proses meningkat berarti bahwa perusahaan meningkatkan produktivitas dan peformansi. Peningkatan kapasitas proses/pengurangan sumber daya berarti bahwa:

- 1 Fleksibel terhadap konsumen dan permintaan pasar
- 2 Aliran barang lancar
- 3 *Inventory* minimal
- 4 Pemborosan minimal
- 5 Cacat produk lebih sedikit

e. Value Stream/Analisis Aliran Nilai

Aliran material terdiri dari 2 bagian utama yaitu Aliran Material dan Aliran Informasi. *Value Stream* adalah proses diantara *customers* dan *suppliers* yang menunjukkan aliran material dan informasi. Ketika kedua aliran ini lancar maka aliran uang dalam perusahaan lancar.



Gambar 1.19 Aliran Nilai

Material Flow:

Aliran produk dalam organisasi atau perusahaan. Semua material mengalir dari awal produksi hingga akhir melalui berbagai tahapan proses .

Information Flow:

Aliran informasi lebih sulit dilihat karena biasanya merupakan aliran informasi dalam bentuk elektronik. Beberapa cara mengalirkan informasi pada organisasi dan perusahaan adalah seperti melalui perbincangan, telepon, Fax, kartu Kanban.

Value Stream yang baik ditunjukkan dengan waktu alir yang kecil. Waktu alir dapat diturunkan dengan mengurangi 7 pemborosan. Aliran informasi yang diperlukan dalam perusahaan seperti:

1. Jumlah *inventory*,
2. Rute,
3. Waktu *setup*,
4. Sumber daya tersedia,
5. *Lot sizes*,
6. *Workspace*,
7. Jumlah produk cacat
8. Waktu pemborosan

Aliran waktu yang lama mengindikasikan lama nya *lead time* perusahaan. Saat *lead time* perusahaan tinggi maka banyak sumber *capital* yang terlibat didalamnya. Sehingga, saat ini, *value stream* menjadi fokus bagi perusahaan. Semakin banyak variasi produk dalam perusahaan akan berpengaruh pada *value stream*. Dengan jumlah sumber daya yang sama, mesin yang sama, dan bahkan kapasitas yang sama, peningkatan variasi produk menyebabkan sulitnya pengelolaan produk dalam produksi.

Value Stream Analysis

Value Stream Analysis adalah metode untuk mengukur dan mengevaluasi aliran proses. Peta aliran nilai adalah diagram yang digunakan dalam *lean production* yang mengidentifikasi setiap langkah dari proses manufaktur. *Tools* ini digunakan untuk menentukan aliran nilai, yaitu langkah-langkah yang menghasilkan penciptaan nilai. Tujuan penggunaan *value stream analysis* adalah untuk memvisualisasikan proses pembuatan sehingga segala sesuatu yang tidak diperlukan untuk menciptakan produk bernilai dapat dihilangkan.

Langkah-langkah dalam melakukan *value stream analysis*:

1. Product Route Matrix

Dalam langkah ini, perlu diketahui tentang seluruh variasi produk dan *step* prosesnya sehingga menghasilkan *product families*. Pada *product families* akan dikelompokkan beberapa produk yang mempunyai urutan proses yang sama. Namun, dalam *product families* akan ada varian produk yang berbeda sehingga perlu mencari satu produk yang dapat mewakili *product families*. Cara yang digunakan untuk melakukan analisis ini adalah *Product Quantity (PQ)-Analysis*.

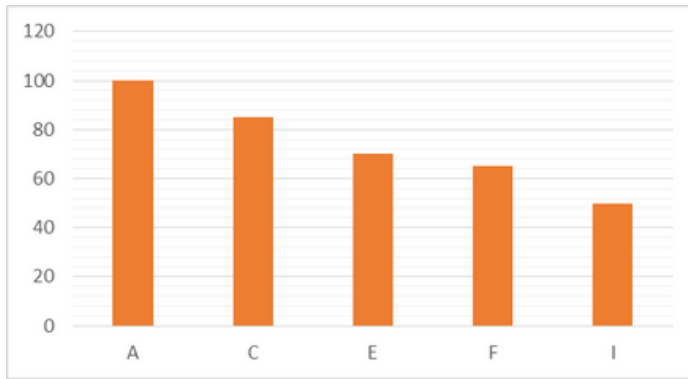
Berikut adalah contoh penggunaan *Product Quantity (PQ) Analysis*:

Diketahui terdapat 9 varian produk yaitu A, B, C, D, E, F, G, H, dan I yang diproses pada 6 mesin yaitu mesin 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Berikut adalah tabel proses masing-masing varian.

Tabel 1.3 Contoh Penggunaan *Product Quantity (PQ) Analysis*

Varian	Mesin					
	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						
I						

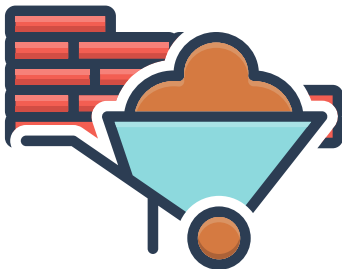
Varian A, C, E, F, dan I mempunyai urutan proses yang sama yaitu Mesin 1, Mesin 2, Mesin 4, Mesin 5, dan Mesin 6. Varian yang mempunyai urutan proses sama dikelompokkan menjadi 1 *product families*. Kemudian dicari prioritas varian yang mempunyai jumlah produk terbesar.



Gambar 1.19 Grafik Contoh Penggunaan *Product Quantity (PQ) Analysis*

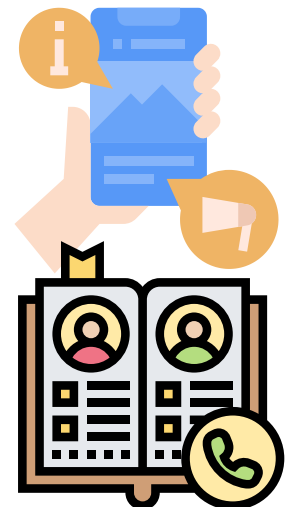
Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa varian A mempunyai jumlah produksi terbesar yaitu 100. Sehingga hasil analisis *value stream* pada varian A akan dilakukan dan mewakili analisis *value stream* untuk varian C, E, F, dan I.

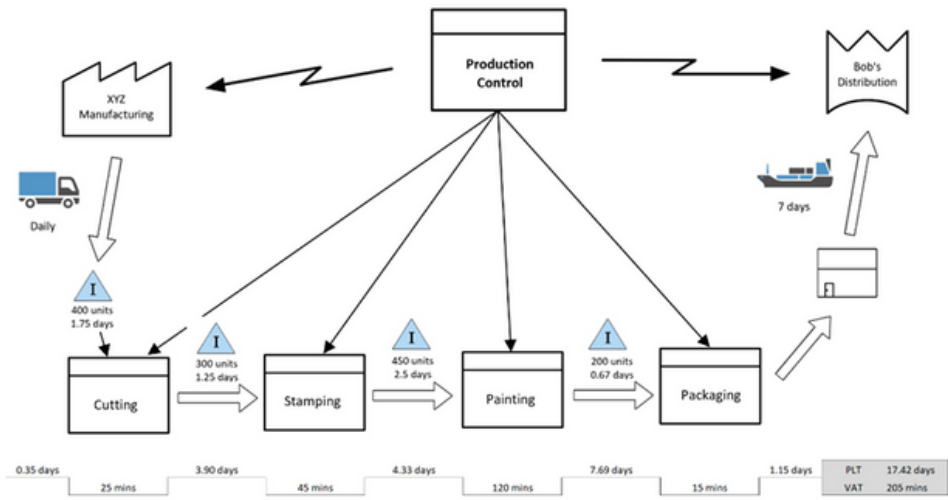
Berikut merupakan perbedaan antara *material flow* dan *information flow*, yaitu:



Material flow memerlukan data waktu pada proses individual seperti waktu proses, waktu *setup*, ketersediaan mesin, ketersediaan pekerja, jumlah sumber daya, *lot size*, *inventory*, dan waktu *shift*.

Sedangkan pada **information flow**, terdapat banyak aliran informasi yang bersifat administratif berasal dari perusahaan seperti *Sales*, pemesanan, *logistic*, rencana produksi. Ketika melakukan *mapping* pada *value stream* artinya kita melakukan *mapping* untuk keseluruhan rantai proses *internal* dari hulu ke hilir sehingga perlu adanya standarisasi simbol.





Gambar 1.20 Value Stream Mapping

Meskipun mungkin terlihat rumit, langkah-langkah penghasil nilai utama adalah kotak yang disejajarkan secara horizontal di sepanjang bagian bawah, diberi label *Cutting-Stamping-Painting-Packaging*, dan ini adalah bagian terpenting dari peta aliran nilai.

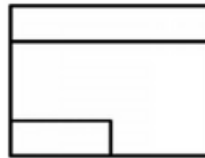
Ada 8 langkah untuk mengembangkan peta aliran nilai yaitu:



1. Menggambar Kontrol Produksi

Kontrol produksi adalah unit yang mengelola produksi. Kontrol produksi merupakan "kantor" di atas rantai produksi, dan mewakili koordinasi operasi produksi yang dijelaskan pada peta aliran nilai.

Tempat standar untuk kontrol produksi pada peta aliran nilai adalah di bagian tengah atas. Meskipun diindikasikan sebagai proses, namun kontrol produksi termasuk pada proses khusus. Oleh karena itu, ia menggunakan ikon proses, yaitu:



Gambar 1.21 Ikon Proses

Kotak kecil di sudut kiri bawah digunakan untuk proses perangkat lunak seperti *Manufacturing Resource Planning* (MRP) atau proses manajemen lainnya.

2. Menggambar Supplier

Hampir semua pabrik memiliki *input* bahan baku yang diolah menjadi *output*. Input ini tiba di bagian penerima pabrik, menjalani beberapa putaran pemrosesan, dan kemudian dikirim ke pelanggan.

Pada peta aliran nilai, *input* ke pabrik digambarkan pada sudut kiri atas bagan. Ini termasuk semua pemasok yang suku cadangnya tiba dan menjadi bagian dari produk jadi. Pemasok ditunjuk dengan ikon eksternal, seperti ini:



Gambar 1.22 Ikon Pemasok

Biasanya nama pemasok ditulis di dalam simbol, misalnya, "Manufaktur ABC." Sisi pemasok lengkap dari bagan mencakup *mode* dan frekuensi transportasi, dan persyaratan inventaris. Seperti pada Gambar 1.19 tertulis nama XYZ Manufacturing.

3. Menggambar Pelanggan/Konsumen

Produk jadi yang sudah selesai dilakukan pengolahan dikirim ke pelanggan eksternal. Pelanggan/Konsumen ini adalah orang atau organisasi yang menerima pengiriman produk yang dihasilkan oleh pabrik.

Pelanggan pada Gambar 1.19 sudut kanan atas peta aliran nilai, seperti ikon berikut:

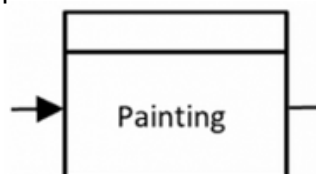


Gambar 1.23 Ikon Pelanggan

Sekali lagi, nama organisasi penerima dituliskan ke dalam simbol, misalnya, "*Bob's Distribution*". Peta aliran nilai lengkap untuk area pelanggan mencakup persyaratan penyimpanan, metode dan frekuensi pengiriman, serta aliran informasi.

4. Menggambar Langkah-Langkah Proses Produksi

Bagian bawah bagan dicadangkan untuk proses yang dilakukan oleh pabrik. Setiap proses yang diperlukan untuk menambah nilai disertakan dengan ikon proses (sama seperti kontrol produksi) dan nama proses dimasukkan di dalamnya, misalnya,



Gambar 1.24 Ikon Proses *Painting*

Kotak ini mewakili stasiun produksi tempat produk dicat. Tidak peduli seberapa besar, kuat, berat, atau penting stasiun produksi itu, hanya itu adalah bagian penting dari rantai yang menciptakan nilai.

5. Tambahkan Persyaratan Transportasi

Transportasi barang di seluruh rantai nilai diwakili oleh moda transportasi dan frekuensi pengiriman.



Daily

Gambar 1.25 Ikon Transportasi

Informasi ini harus ditempatkan pada peta aliran nilai dimanapun pengiriman terjadi antara pabrik fisik.

6. Menggambar Persyaratan Inventory

Inventory direpresentasikan pada peta aliran nilai dengan simbol segitiga yang terdapat kode I didalamnya. Dua informasi yang harus ditulis di bawah simbol adalah:

- Jumlah rata-rata unit yang disimpan
- Waktu rata-rata yang dihabiskan unit di sana

Hal ini memungkinkan mendapatkan informasi terhadap penyimpanan pada *plant*. Misalnya, untuk menunjukkan bahwa 450 unit disimpan dengan waktu penyimpanan rata-rata 2,5 hari, kita akan menulis:



450 units

2.5 days

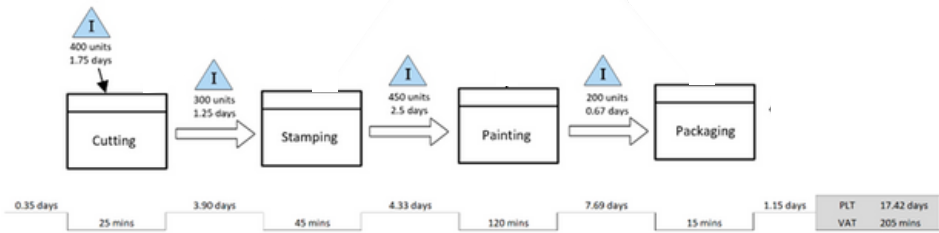
Gambar 1.26 Ikon *Inventory*

7. Menghitung Nilai Tambah Waktu

Waktu Pertambahan Nilai (PPN) menunjukkan jumlah waktu yang dihabiskan produk di setiap stasiun produksi, dan diukur dari saat bahan baku masuk ke stasiun kerja hingga selesai.

Hal ini belum termasuk waktu menunggu pemrosesan, baik sebelum atau sesudah.

Pada peta aliran nilai, garis naik dan turun yang diletakkan di bawah setiap langkah produksi, bagian bawah untuk produksi dan bagian atas untuk *inventory*. VAT dari setiap proses ditempatkan di telepon.



Gambar 1.27 VAT dan PLT

Karena Value Added Time (VAT) adalah waktu yang dihabiskan untuk "menciptakan nilai", sisa waktu yang dihabiskan oleh bahan di pabrik disimpan di antara stasiun pemrosesan. Ini disebut "Waktu Timbal Produksi".

8. Menghitung Lead Time Produksi

Production Lead Time (PLT) adalah waktu yang dihabiskan produk untuk menunggu dalam persediaan di antara langkah-langkah produksi. Ini bisa berada di lokasi penyimpanan terpisah atau langsung di jalur perakitan antar stasiun.

PLT dicatat pada peta aliran nilai di bagian atas garis naik turun. Karena PLT biasanya cukup tinggi, porsi hari, minggu, atau bulan harus dicatat.

Seluruh proses manufaktur merupakan rangkaian langkah pemrosesan, lalu menunggu, lalu memproses lagi. Waktu pemrosesan adalah VAT, dan waktu tunggu adalah PLT. Tidak masalah apakah bahan sedang menunggu di ujung akhir dari satu langkah produksi atau ujung depan dari langkah produksi berikutnya, seluruh waktu tunggu antara waktu pemrosesan VAT dicatat sebagai PLT.

Di sebagian besar pabrik, PLT jauh lebih besar daripada VAT, yang menciptakan persyaratan penyimpanan *inventory* di lantai produksi. Persediaan merupakan salah satu dari 7 jenis muda (pemborosan) yang harus dikurangi atau dihilangkan.



Soal-Soal Latihan

1. Jelaskan 4 manfaat dari *Lean Production* disertai contohnya!

Jawab:

2. Terdapat 5 prinsip *Lean Production* yaitu *Value*, *Value Stream*, *Flow*, *Pull System*, dan *Perfection*. Berikan contoh masing-masing prinsip dalam *Lean Production* tersebut!

Jawab:

VALUE

Besar kecil value ditentukan oleh perpektif pelanggan
Contoh:

Value Stream

Proses identifikasi pemborosan yang terjadi
Contoh:

Flow

Memastikan proses berjalan dengan lancar

Contoh:

Pull System

Sistem tarik bekerja ketika ada permintaan

Contoh:

Perfection

Kesempurnaan di usahakan secara terus menerus melalui Kaizen

Contoh:

3. **Seperti yang diketahui bahwa terdapat 7 jenis pemborosan dalam *Lean Production* yang sebaiknya dikurangi atau dihilangkan. Jika dalam perusahaan terdapat 7 jenis pemborosan tersebut ditemukan, maka pemborosan mana yang diprioritaskan untuk diselesaikan terlebih dahulu? Jelaskan alasannya!**

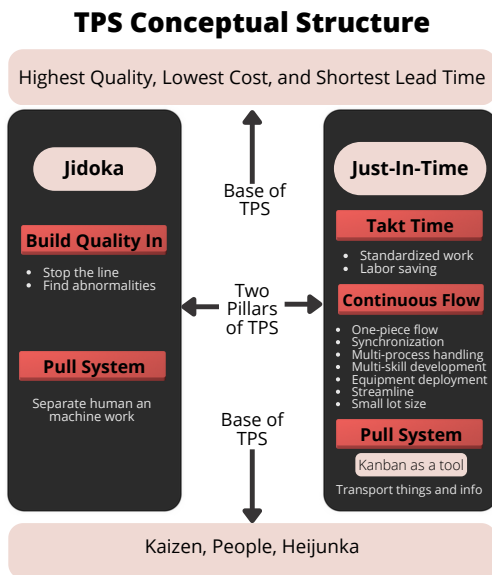
Jawab:

4. Jelaskan gambar matrik produk dibawah ini!

Process structure	Highly customized, high product variety	Wide product variety	Moderate product variety	Highly standardized, very limited product variety
Jumbled flow (Job shop)	Hospital			
Disconnected line flow (Batch process)		Food Processing		Mismatch
Connected line flow (Assembly Line)			Computer Assembly, Automobile Assembly	
Continuous flow	Mismatch			Sugar Refinery, Chemical Plant

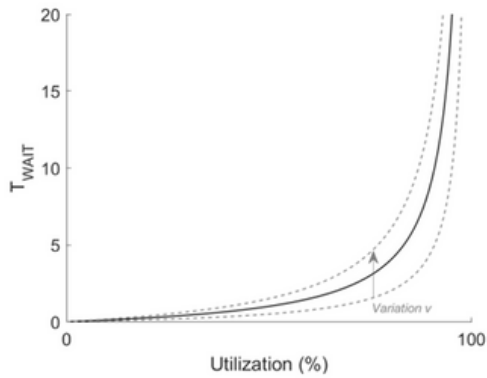
Jawab:

5. Jelaskan gambar matrik produk dibawah ini!



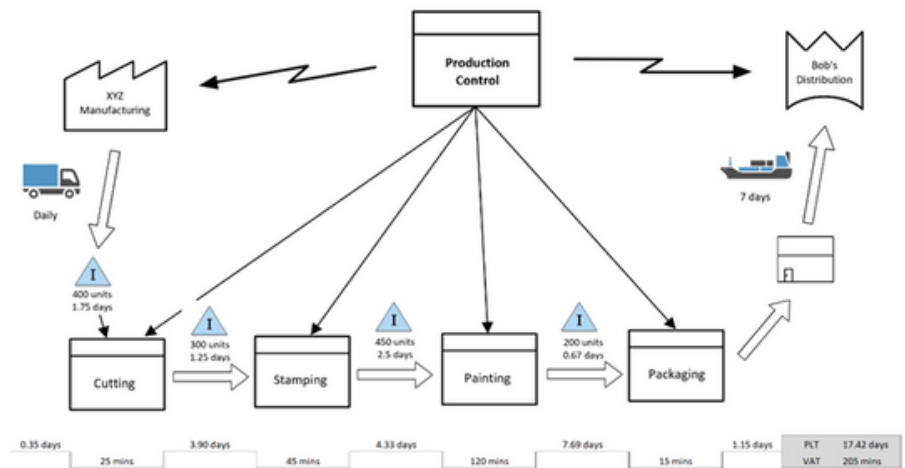
Jawab:

6. Jelaskan grafik dibawah ini



Jawab:

7. Buatlah contoh *value stream* dalam sebuah perusahaan manufaktur sepeda motor seperti mengikuti contoh dibawah ini:



Jawab:

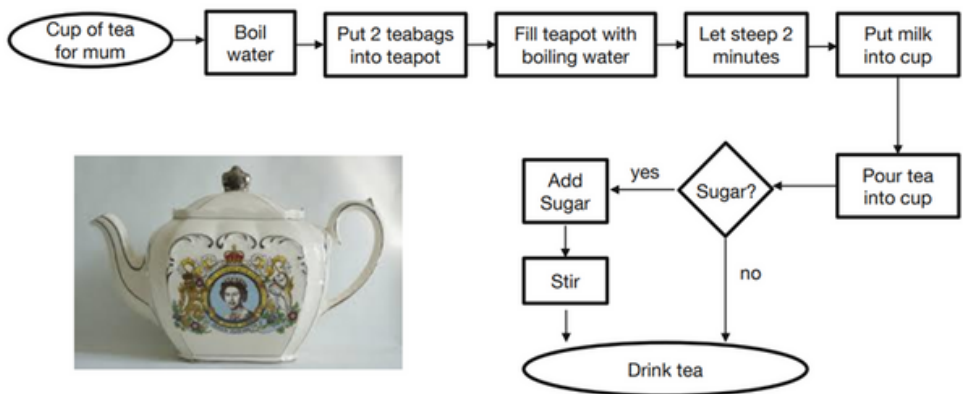


Pemahaman Aliran **ANALISIS KAPASITAS**

a. Diagram Proses

Hal penting untuk mendeskripsikan dan lebih memahami proses produksi dan urutannya adalah dengan membuat diagram proses atau *process mapping*. Dalam diagram proses perlu didefinisikan *input*, *output*, dan kontrol pada setiap langkah atau urutan. Diagram proses digunakan pula pada saat melakukan *brainstorming* dan perbaikan proses. Berikut adalah contoh dari aliran proses membuat teh.

Berikut adalah contoh dari aliran proses membuat teh:



Gambar 2.1 Contoh Aliran Proses

Untuk memahami lebih lanjut terkait diagram proses perlu dipahami terlebih dahulu apa itu Proses Bisnis. Proses bisnis merupakan:

- Urutan kegiatan yang berulang
- dapat menghabiskan waktu dan sumber daya
- mempunyai input yang jelas
- penggunaan material jelas
- untuk kosumen internal dan eksternal



Hal terpenting dalam proses bisnis adalah kegiatan yang terjadi secara berulang. Contohnya antara lain proses perakitan produk, proses penerimaan pesanan, dan proses pengiriman barang. Proses bisnis bukan *event* atau *project* yang hanya terjadi sesekali.

Dalam konteks produksi massal, bisnis proses dikaitkan dengan volume produksi dari barang ataupun jasa. Urutan aktivitas pada proses bisnis dilakukan oleh sekumpulan sumber daya khusus yang terbatas. Contoh dari proses bisnis:



Gambar 2.2 Contoh Proses Bisnis

Gambar 2.2 menunjukkan proses bisnis dari *skateboard*. Terdapat *input*, proses, dan *output*. Pada *input* terdiri dari material yaitu

- ★ *Deck* atau papan untuk berdiri diatas *skateboard*,
- ★ *Trucks*, poros logam yang digunakan untuk tempat roda,
- ★ *Wheels* (roda),
- ★ Mur dan baut.

Input tersebut kemudian masuk pada proses perakitan seperti bor, gerinda, dan pengecatan. Setelah itu dihasilkan *output* yaitu berupa *skateboard* yang siap dijual.

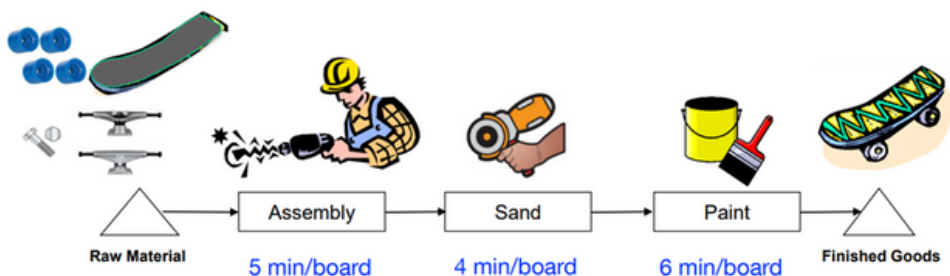
b. Bottleneck

Bottleneck adalah kondisi tidak lancarnya aliran material karena kapasitas stasiun kerja yang tidak sama. Kondisi ini menyebabkan waktu tunggu yang lebih lama pada stasiun kerja berikutnya. *Bottleneck* disebut pula sebagai titik kemacetan. Berikut adalah ilustrasi dari *bottleneck*.



Gambar 2.3 *Bottleneck*




Proses meminimasi terjadinya *bottleneck* pada aliran produksi maka perlu menyeimbangkan sistem melalui analisis kapasitas. Untuk dapat melakukan analisis kapasitas, berikut adalah ilustrasinya.







Gambar 2.4 Analisis Kapasitas

Kapasitas proses adalah jumlah maksimum unit yang dapat diproduksi dalam sistem pada periode waktu tertentu.

Pada Gambar 2.4 dapat diketahui bahwa:

-  **Raw Material:**
memasuki proses, sebagai *input*
-  **Resources/Activities:**
pihak yang bertugas memproses *input* menjadi *output*
(*assembly, sand, paint*)
-  **Output:**
jumlah *skateboard* yang diproduksi berdasarkan permintaan pasar

Dari Gambar 2.4 juga diketahui waktu proses setiap *resources/activities* yaitu

-  **Assembly:** 5 menit/*board*
-  **Sand:** 4 menit/*board*
-  **Paint:** 6 menit/*board*
-  Diantara aktivitas tidak ada ***inventory work in process (WIP)***

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa kecepatan lini adalah total waktu dari seluruh aktivitas yaitu 15 menit/*board*. Dimana tiap pekerja mengerjakan satu pekerjaan spesifik, tidak bertukar, dan peralatan yang mendukung. Sehingga, kita dapat menghitung kapasitas prosesnya dengan mengetahui terlebih dahulu item berikut:



Processing time (p),

waktu yang dibutuhkan untuk setiap *resource/activity* untuk memproses 1 unit produk.



Flow time,

jumlah waktu yang dibutuhkan untuk memproses 1 unit dalam keseluruhan proses (*total processing time* seluruh aktivitas)



Resource capacity (1/p),

jumlah maksimum aliran unit yang dapat diproses oleh *resource*

Tabel 2.1 *Resource Capacity*

Resources	Assembly	Sand	Paint
Processing time (p)	5	4	6
Capacity (Board/min) $1/p$	1/5	1/4	1/6
Capacity (Board/hour)	12	15	10

Berikut adalah perhitungan dari Tabel 2.1

$$\text{Flow time} = 5 + 4 + 6 = 15$$

Perhitungan *capacity (board/hour)*:

Assembly

$$\frac{1 \text{ board}}{5 \text{ menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 12 \text{ board}$$

Sand

$$\frac{1 \text{ board}}{4 \text{ menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 15 \text{ board}$$

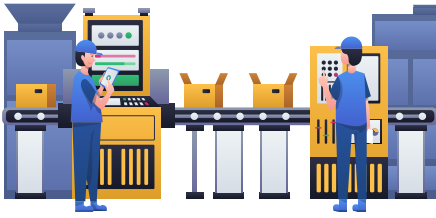
Paint

$$\frac{1 \text{ board}}{6 \text{ menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 10 \text{ board}$$

Dari perhitungan *capacity* itulah kita dapat menentukan *resource* mana yang mengalami *bottleneck*. *Bottleneck* terjadi pada *resource* yang mempunyai kapasitas terkecil. Dari Tabel 2.1 dan perhitungan, kita ketahui bahwa *resource paint* mempunyai kapasitas 10 dimana kapasitas tersebut adalah yang paling kecil dibandingkan *Assembly* (12) dan *Sand* (15).

Tabel 2.2 *Bottleneck pada Resource Capacity*

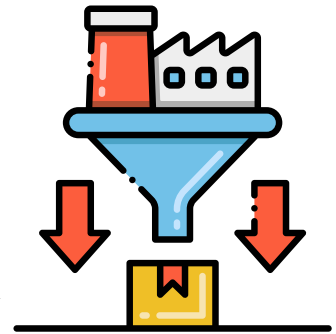
Resources	Assembly	Sand	Paint
Processing time (p)	5	4	6
Capacity (Board/min) 1/p	1/5	1/4	1/6
Capacity (Board/hour)	12	15	10 Bottleneck!!



Setelah diketahui *resource* mana yang mengalami *bottleneck* kemudian dilakukan identifikasi terhadap *bottleneck* tersebut.

Setelah diketahui *resource* mana yang mengalami *bottleneck* kemudian dilakukan identifikasi terhadap *bottleneck* tersebut. Dari Tabel 2.2 diketahui bahwa walaupun *Assembly* dapat membuat 12 produk dan *sand* dapat menghasilkan 15 produk namun dikarenakan di *paint* hanya dapat menghasilkan 10 maka pada akhirnya proses bergantung pada kecepatan *paint*. Akibat dari kondisi ini, banyak produk setengah jadi menunggu untuk masuk ke stasiun kerja *paint*.

Kapasitas proses (*process capacity*) didefinisikan sebagai kapasitas *bottleneck*. Contohnya saat kita dapatkan *process capacity*nya adalah 10. Dalam kondisi jumlah produk yang diproduksi terjual dan kebutuhan *raw material* cukup, nilai dari *process capacity* sama dengan *flow rate*.



Process capacity = capacity of bottleneck

Flow Rate = Process capacity, saat raw material cukup dan produk yang dibuat terjual

Dari nilai tersebut, kita mendapatkan:

Resource utilization = Flow Rate/Resource Capacity,

Resource utilization < 100%

Sehingga didapatkan:

Tabel 2.3 *Resource Utilization*

Resources	Assembly	Sand	Paint
Processing time (p)	5	4	6
Capacity (Board/min) 1/p	1/5	1/4	1/6
Capacity (Board/hour)	12	15	10 Bottleneck!!
Resource Utilization	83%	67%	100%

Perhitungan *resource utilization* didapatkan dari:

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}}$$

Dimana diketahui bahwa *Flow Rate* = *bottleneck capacity* = 10

Sehingga,

Assembly

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}} = \frac{10}{12} = 83\%$$

Sand

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}} = \frac{10}{15} = 67\%$$

Paint

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}} = \frac{10}{10} = 100\%$$

Pada *resource bottleneck* didapatkan nilai *resource utilization*nya adalah 100%. Kondisi ini berarti bahwa, stasiun kerja *paint* bekerja sepanjang waktu untuk dapat mengerjakan produk setengah jadi dari *Sand* dikarenakan kapasitasnya yang rendah. Kerja pada *area bottleneck* yang berlangsung setiap saat dapat dilihat dari *plotting data* pada *ganttchart* berikut ini:

Minutes:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
ASSEMBLY	■						■						■						■						■								
SAND						■						■						■						■									
PAINT												■																					

Gambar 2.4 *Plotting data* pada *Ganttchart*

Pada *ganttchart*, stasiun kerja *paint* bekerja terus menerus mulai menit ke 9 setelah produk keluar dari stasiun kerja *sand*. Setelah itu, stasiun kerja *paint* bekerja tanpa jeda (utilitas 100%). Sehingga untuk mengurangi adanya *inventory work in process* yang terlalu banyak, stasiun kerja *assembly* dan *sand* bekerja menunggu pekerjaan pada stasiun kerja *paint* selesai.

c. Analisis Kapasitas



Seperti yang telah diketahui sebelumnya, kapasitas merupakan kemampuan lini produksi ataupun stasiun kerja untuk dapat melakukan produksi pada periode waktu tertentu.

Keseimbangan kapasitas atau pemerataan beban kerja pada setiap stasiun kerja menjadi hal yang penting agar aliran proses produksi berlangsung secara lancar. Salah satu yang harus dihilangkan dalam aliran proses produksi adalah *bottleneck*.

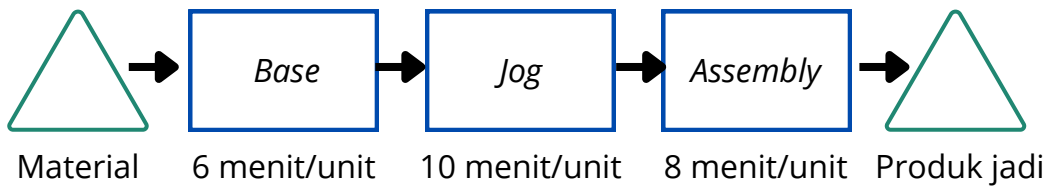
Untuk memahami lebih lanjut terkait kapasitas, berikut adalah contoh dari perhitungan Analisis Kapasitas (*Capacity Analysis*).

Contoh Perhitungan Analisis Kapasitas (*Capacity Analysis*)

Sebuah perusahaan memproduksi kursi kerja. Diketahui bahwa terdapat 3 langkah dalam pembuatan kursi kerja dengan masing-masing waktu pengerjaan sebagai berikut:

- » Dasar kursi (*base*), 6 menit/unit
- » *Jog*, 10 menit/unit
- » *Assembly*, 8 menit/unit

Diasumsikan bahwa perusahaan mempunyai jumlah *raw material* yang cukup, semua produk yang dibuat terjual, serta tidak ada *work in process inventory*.



Gambar 2.5 Contoh Soal Perhitungan Analisis Kapasitas

Dari contoh di atas dapat diketahui:

$$\text{Flow time} = 6 + 10 + 8 = 24 \text{ menit/unit}$$

Tabel 2.4 Contoh Soal *Resource Capacity*

Resources	Dasar	Jog	Assembly
Processing time (p)	6	10	8
Capacity (Board/min) 1/p	1/6	1/10	1/8
Capacity (Board/hour)			

Capacity/Hour (Resource Capacity):

Dasar (Base)

$$\frac{1 \text{ kursi}}{6 \text{ menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 10 \text{ kursi}$$

Jog

$$\frac{1 \text{ kursi}}{10 \text{ menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 6 \text{ kursi}$$

Assembly

$$\frac{1 \text{ kursi}}{8 \text{ menit}} \times \frac{60 \text{ menit}}{1 \text{ jam}} = 7,5 \text{ kursi}$$

Sehingga, didapatkan bahwa *resource Jog* mengalami *bottleneck* dengan nilai *Resource Utilization*:

Dasar (Base)

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}} = \frac{6}{10} = 60\%$$

Jog

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}} = \frac{6}{6} = 100\%$$

Assembly

$$\text{Resource Utilization} = \frac{\text{Flow rate}}{\text{Resource Capacity}} = \frac{6}{8} = 80\%$$

Tabel 2.5 Contoh Soal *Resource Utilization*

Resources	Dasar	Jog	Assembly
Processing time (p)	6	10	8
Capacity (Board/min) 1/p	1/6	1/10	1/8
Capacity (Board/hour)	10	6 Bottleneck!!	7,5
Resource Utilization	60%	100%	80%

d. Little's Law

Dalam sub-bab ini, kita akan membahas salah satu hubungan yang paling mendasar dalam operasi pabrik, atau bisa kita katakan dalam *Lean*, yaitu *Little's Law*.

Little's Law adalah teorema yang menentukan jumlah rata-rata item dalam sistem antrian stasioner, berdasarkan waktu tunggu rata-rata item dalam sistem dan jumlah rata-rata item yang tiba di sistem per satuan waktu.

Teorema ini memberikan pendekatan yang sederhana dan intuitif untuk penilaian efisiensi sistem antrian. Konsep ini sangat penting untuk operasi bisnis karena menyatakan bahwa jumlah barang dalam sistem antrian terutama bergantung pada dua variabel kunci dan tidak dipengaruhi oleh faktor lain, seperti distribusi layanan atau pesanan layanan.



Hampir semua sistem antrean dan bahkan sub-sistem apapun (pikirkan tentang *teller* tunggal di supermarket) dapat dinilai dengan menggunakan undang-undang.

Selain itu, teorema tersebut dapat diterapkan di berbagai bidang, mulai dari menjalankan kedai kopi kecil hingga pemeliharaan operasi pangkalan udara militer.

Theorema ini diberi nama dan digunakan pertama kali oleh Professor John D. Little, yaitu seorang profesor dari MIT pada tahun 1954 dan dibuktikan kegunaannya pada tahun 1961. Little's law menyatakan bahwa jumlah rata-rata pelanggan dalam sistem selama beberapa interval waktu tertentu adalah sama dengan tingkat kedatangan rata-rata dikalikan dengan waktu rata-rata dalam sistem.

I = Inventory

R = Flow Rate

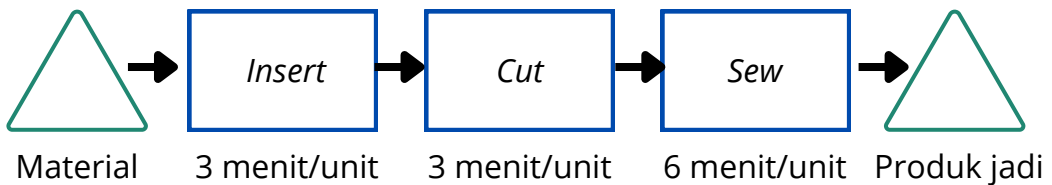
T = Flow Time (beberapa menggunakan *lead time* atau *cycle time*)

Little's Law

$$I = R \times T$$

Contoh

Berikut adalah urutan proses dan waktu pengerjaan untuk membuat kaos (*T-shirt*).



Resources	Insert	Cut	Sew
Processing time (p)	3	3	6
Capacity (Board/min) $1/p$	$1/3$	$1/3$	$1/6$
Capacity (Board/hour)	20	20	10 Bottleneck!!

Little's Law pada stasiun kerja *bottleneck* yaitu *sew*, adalah

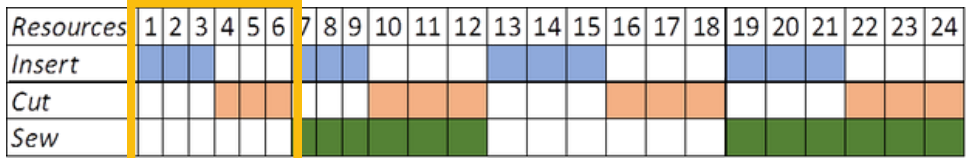
$$I = R \times T$$

$$T = 3 + 3 + 6 = 12 \text{ T-shirt/minutes} = 0,2 \text{ T-shirt/hours}$$

Sehingga,

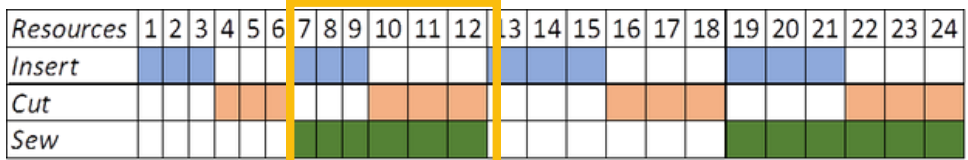
$$I = 10 \times 0,2 = 2 \text{ T-shirt}$$

Hasil dari nilai *Little's Law* ini berarti bahwa pada kondisi *bottleneck* 10 dan *Flow time* 12 *T-shirt/minutes* butuh 2 *T-shirt* didalam sistem. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat *Ganttchart* di bawah ini:



T-shirt 1

T-shirt 2



Theorema Little's Law sangat berhubungan dengan *lean* dan *7 waste*.

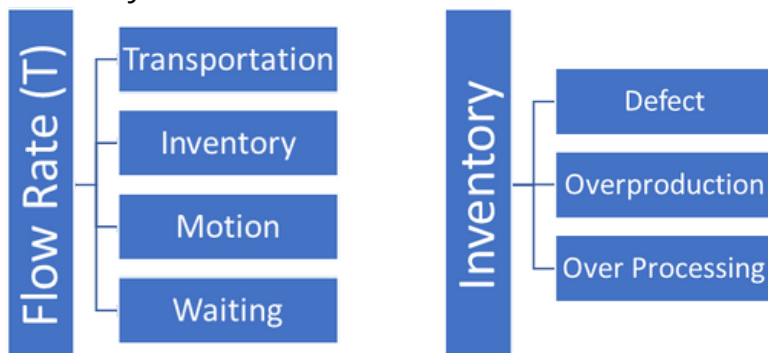
Dari *theorema* kita ketahui bahwa $I = R \times T$

Sehingga,

Jika *Inventory* naik, maka *Flow Rate* naik

Jika *Flow Rate* naik, *Inventory* naik

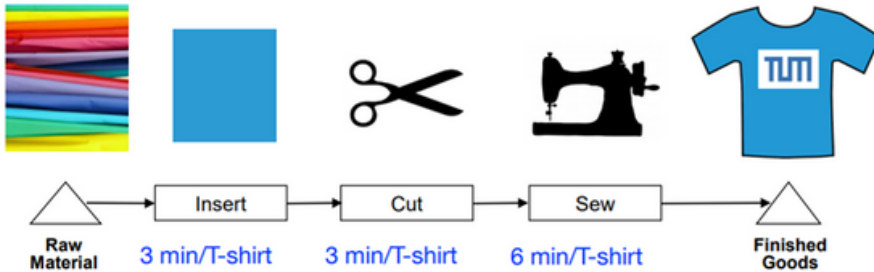
Little's Law dan *7 waste* mempunyai hubungan. *Tranportation*, *inventory*, *motion*, dan *waiting* dapat mempengaruhi besar kecilnya *Flow Rate* (T). Serta, jumlah *defect*, *overproduction*, dan *overprocessing*, berpengaruh kepada jumlah *inventory*. Seperti yang telah diketahui bahwa produk *work in process* termasuk dalam *inventory*.



Gambar 2.6 Hubungan *Little's Law* dan *7 waste*

e. Variabilitas

Contoh variabilitas pada produksi *T-shirt*:



Gambar 2.7 Variabilitas Produksi *T-shirt*

Sebelumnya diketahui pada produksi *T-shirt* bahwa *resource insert* mempunyai p 3 *min/t-shirt*, *cut* 3 *min/t-shirt*, dan *sew* 6 *min/t-shirt*. Jika dalam proses produksinya, ternyata terjadi *variabilitas* pada p yaitu *processing time* maka akan berdampak pada aliran, yaitu terjadi *inventory*.

Sebagai contoh, jika *resource cut* yang seharusnya mempunyai p 3 *min/T-shirt* namun pada waktu tertentu dapat memproduksi lebih cepat atau lebih lambat maka akan terjadi dua kondisi yaitu adanya antrian (*queue*) yang menyebabkan *inventory* dan menyebabkan keterlambatan (*waiting*) jika proses produksi pada *cut* lebih lama.

Berikut adalah beberapa contoh kondisi *variabilitas* yang kita temui sehari-hari:

Antrian pada Supermarket



Gambar 2.8 Antrian pada Supermarket

Antrian pada Restoran



Gambar 2.9 Antrian pada Restoran

Antrian pada Teller Bank



Gambar 2.10 Antrian pada Teller Bank

Antrian pada Rumah Sakit



Gambar 2.11 Antrian pada Rumah Sakit

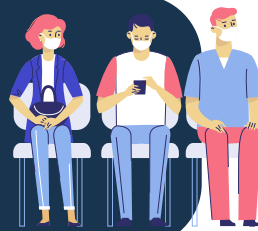
Pada instansi penyedia jasa seperti restoran, bank, dan rumah sakit, inventori pada sistem ini adalah: MANUSIA

Sebagai Contoh:



Ketika datang disebuah restoran pada jam makan siang, terlihat antrian yang lebih banyak

ketika datang ke teller bank atau customer service bank pada situasi tertentu misalnya saat pembagian bantuan pemerintah, maka antrian akan lebih banyak



ketika datang ke antrian rumah sakit pada jam-jam atau hari-hari tertentu, antrian pun terasa lebih padat



Kondisi ini menjelaskan bahwa, dengan adanya variabilitas dan kapasitas yang tetap, akan menyebabkan antrian dan waktu tunggu. Variabilitas pada contoh ini adalah variabilitas jumlah pengunjung.

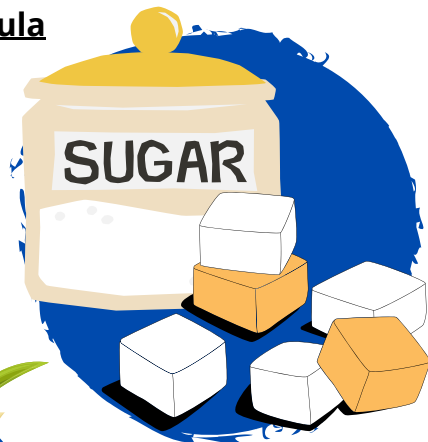
Variabilitas atau variasi tidak hanya terjadi pada proses dan permintaan namun sering pula terjadi pada variasi jenis produk. Pada manajemen rantai pasok diketahui ada 2 jenis produk yaitu produk fungsional dan produk inovasi.

Yang termasuk dalam produk fungsional antara lain:

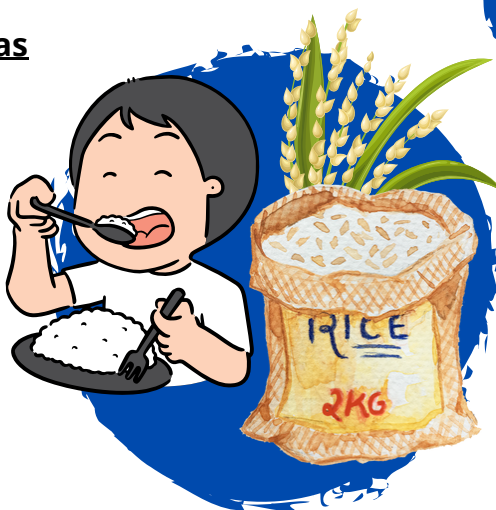
Air Mineral



Gula



Beras



Gambar 2.12 Produk Fungsional

Produk fungsional adalah produk yang dibeli berdasarkan fungsi contohnya adalah gambar di atas yaitu air mineral, beras, dan gula. Pada proses produksi produk fungsional tidak terjadi banyak variasi atau variasi produknya sedikit. Hal ini terjadi karena konsumen cenderung membeli fungsi bukan inovasi.

Sedangkan yang termasuk dalam Produk Inovatif antara lain:

Handphone



Personal Komputer



Mobil



Gambar 2.13 Produk Inovatif

Bebeda dengan produk fungsional, produk inovatif mempunyai variabilitas yang banyak dan waktu siklus yang singkat. Pada produk inovatif, variasi permintaan dilapangan cenderung beragam karena banyaknya jenis dari produknya. Sebagai contoh, perkembangan *handphone* dipasaran begitu pesat. Satu *brand* dengan *brand* lain bersaing untuk mengeluarkan produk terbarunya.

Sebelum membahas tentang variabilitas lebih jauh, berikut adalah sejarah dan *milestone* munculnya variasi atau variabilitas produk.



Gambar 2.14 *Milestone* variabilitas produk

Model dalam antrian: Kingman Equation

Dimana,

$$T_{wait} = p \times \frac{u}{(1-u)} \times v$$

p = waktu produksi rata-rata

u = *utilisasi resource* = *Flow Rate / Resource Capacity*

$$\frac{u}{(1-u)} = \textit{Utilisasi}$$

v = variabilitas, diukur dari variasi kedatangan unit dan waktu proses

Poin penting dalam *Kingman Equation* adalah utilisasi pada *resource* harus kurang dari 100% hal ini berarti bahwa *resource* mempunyai kapasitas cukup untuk dapat memenuhi rata-rata permintaan.

Jika utilisasi mencapai 100%, seperti pada kondisi *bottleneck*, maka nilai *Twait* menjadi tak terhingga (∞)

Tabel 2.6 *Kingman Equation*

Resources	Dasar	Jog	Assy
Processing time (p)	6	10	8
Capacity (Board/min) 1/p	1/6	1/10	1/8
Capacity (Board/hour)	10	6 Bottleneck!!	7,5
Resource Utilization	60%	100%	80%

Contoh pada tabel diatas, resource Jog mempunyai utilisasi 100%, sehingga:

$$T_{wait} = 10 \times \frac{1}{(1-1)} \times 1.2 = \infty$$

Dimisalkan $v=1.2$

Kondisi ini dapat terjadi ketika kapasitas *resource Jog* sudah penuh namun terjadi penambahan atau pengurangan jumlah produksi atau kecepatan proses, maka beban kerja pada *resource jog* selalu bertambah hingga tak terhingga. Sehingga, untuk menghindari hasil tak terhingga tersebut, jumlah produksi diturunkan lebih sedikit dari kapasitas *bottleneck* (tidak sama jumlahnya seperti kapasitas *bottleneck*). Misalnya, jumlah produksi kursi adalah 4 sehingga,

Tabel 2.7 Kingman Equation

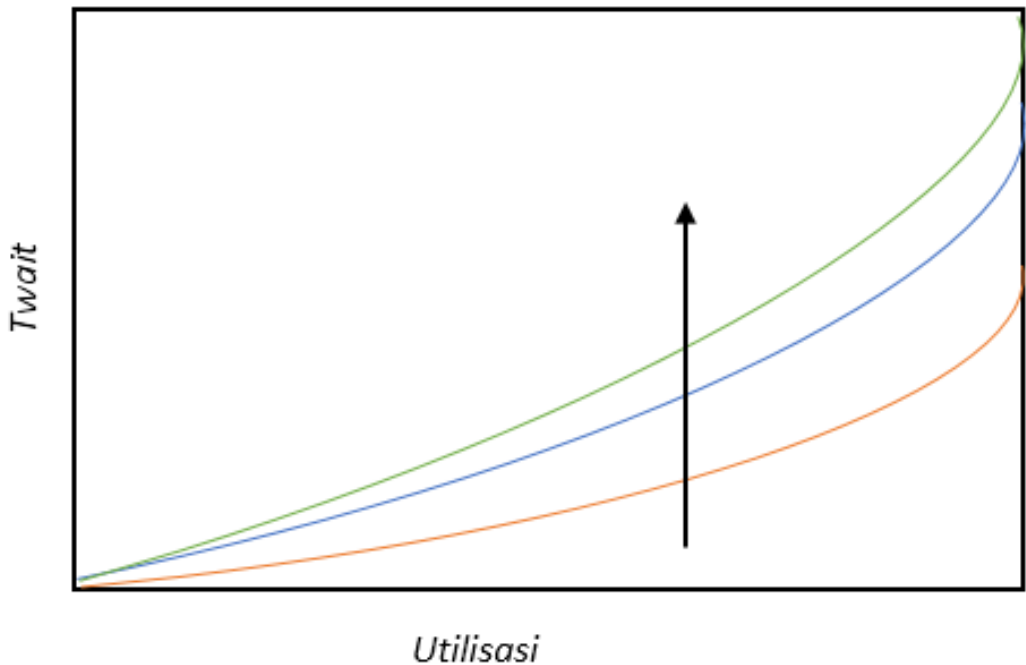
Resources	Dasar	Jog	Assembly
Processing time (p)	6	10	8
Capacity (Board/min) 1/p	1/6	1/10	1/8
Capacity (Board/hour)	10	6 Bottleneck!!	7,5
Resource Utilization	=4/10 =40%	= 4/6 = 66,7%	=4/7,5 =53,4%

Utilisasi *resource* pada *Jog* tetap tertinggi namun tidak 100%. Sehingga didapat nilai tunggu rata-rata (Twait) adalah:

$$T_{wait} = 10 \times \frac{0,67}{(1-0,67)} \times 1,2 = 24,36 \text{ menit}$$

Utilitas 100% pada sistem menjadi tidak disarankan atau bisa disebut juga “kurang logis” karena tidak dapat adaptif terhadap perubahan atau variasi. Terdapat dua variasi yang dihadapi oleh sistem produksi perusahaan yaitu waktu kedatangan dan waktu proses.

Dengan adanya variabilitas pada sistem, nilai waktu tunggu (*Twait*) akan meningkat secara eksponensial seiring dengan peningkatan kapasitas utilitasnya.



Gambar 2.14 Grafik *Twait* dan Utilisasi

Semakin meningkat utilitas *resource* maka semakin meningkat waktu tunggu.

Waktu tunggu (*Twait*) adalah *non value added time* sehingga termasuk pada *waste* atau pemborosan. Sehingga, *Twait* harus dikurangi, dengan:

Mengurangi Waktu Proses (p)

Mengurangi variasi kedatangan dan waktu proses

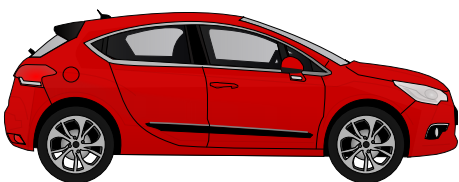
Menjaga utilitasi serendah mungkin

f. Takt Time dan Manajemen Permintaan



Takt time adalah tingkat nilai penyelesaian produk untuk memenuhi permintaan pelanggan (*demand*). Misalnya, jika perusahaan menerima pesanan produk baru setiap 4 jam, tim harus menyelesaikan produk dalam waktu 4 jam atau kurang untuk memenuhi permintaan.

Takt time dapat disebut juga sebagai tingkat penjualan. Untuk memenuhi permintaan pelanggan tanpa harus menyimpan produk terlalu banyak perusahaan dapat mengoptimalkan kapasitas produksi.



Istilah ini berasal dari kata Jerman "*takt*", yang berarti detak atau denyut nadi. *Takt time* pertama kali digunakan sebagai metrik pada tahun 1930-an di Jerman untuk pembuatan pesawat terbang.

Dua puluh tahun kemudian, hal itu memberikan kontribusi yang signifikan terhadap kebangkitan Toyota dari pembuat mobil kecil Jepang menjadi perusahaan mobil terbesar di dunia.

Takt time didefinisikan sebagai hasil pembagian antara waktu proses produksi yang tersedia dengan jumlah permintaan pelanggan.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Waktu produksi yang tersedia}}{\text{jumlah permintaan pelanggan}}$$

Untuk menerima hasil yang akurat dengan menggunakan rumus *takt time* ini, Anda harus memasukkan waktu produksi yang tersedia dan permintaan pelanggan ke dalam persamaan. Waktu proses produksi adalah waktu aktif untuk menciptakan nilai bagi pelanggan. Hal ini berarti bahwa *non value added time* (seperti *idle*, *setup*, *rolling*) tidak disertakan pada perhitungan. Selain itu, saat menentukan *takt time*, Anda harus menyertakan kerangka waktu yang relatif singkat untuk rata-rata permintaan pelanggan (mis., seminggu atau sebulan).

Untuk memvisualisasikan, mari hitung *takt time* untuk perusahaan imajiner yang mengembangkan mesin cetak 3D. Satu minggu kerja berlangsung selama lima hari, dan perusahaan beroperasi dalam satu shift pada sembilan jam yang mencakup istirahat makan siang yang berlangsung selama 60 menit dan dua istirahat 15 menit di pagi dan sore hari. Perusahaan rata-rata menerima pesanan 10 mesin per minggu.

Untuk menentukan *takt time* yang perlu dipertahankan tim, kami cukup menerapkan rumus yang disebutkan di atas.

Total Waktu Kerja = 7 jam, 30 menit/hari = 450 menit/hari

Total Waktu Kerja = 2250 menit/minggu

Takt time = 2250/10 = 225 menit

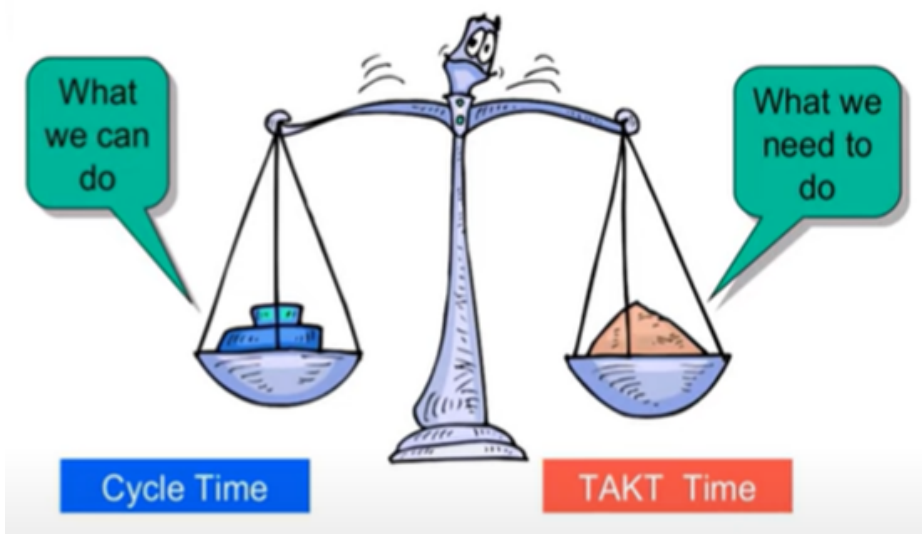
Takt time = 3 jam 45 menit

Dengan membagi 2250 dengan 10 (rata-rata jumlah pesanan), kami mendapatkan waktu takt 225 menit untuk menyelesaikan satu mesin cetak 3D.

Membagi 225 dengan 60 (menit dalam satu jam) membawa kita ke waktu *takt* maksimum 3 jam 45 menit per pesanan.

Dengan tersedianya data ini, perusahaan dapat membuat pilihan yang tepat untuk mengelola kapasitas tim sesuai dengan permintaan pelanggan

Perbedaan *Takt Time* dan *Cycle Time*?



Gambar 2.14 *Takt time* dan *cycle time*

Untuk beberapa kondisi, memungkinkan terjadi kebingungan dalam membedakan *Takt Time* dengan waktu tunggu dan waktu siklus, yang merupakan metrik *Lean* yang tidak kalah pentingnya.

1. Waktu tunggu adalah kerangka waktu antara pesanan diterima dan klien mendapatkan nilainya.
2. Waktu siklus adalah waktu yang dihabiskan tim secara aktif mengerjakan pesanan pelanggan.
3. *Takt time* adalah jumlah waktu maksimum yang harus dipatuhi untuk memenuhi permintaan pelanggan.

Sebagai manajer *Lean*, harus mempertimbangkan ketiga metrik tersebut sebagai indikator kinerja utama dari alur kerja.

Menentukan *takt time* sangat penting untuk mengoptimalkan kapasitas tim dalam perusahaan serta penting untuk mengurangi pemborosan proses. *Takt time* dapat membantu perusahaan dalam mempertahankan alur kerja yang berkelanjutan dan mengurangi Mura (ketidakmerataan) dalam alur kerja.

Menentukan *takt time* sangat penting untuk mengoptimalkan kapasitas tim dalam perusahaan serta penting untuk mengurangi pemborosan proses. *Takt time* dapat membantu perusahaan dalam mempertahankan alur kerja yang berkelanjutan dan mengurangi Mura (ketidakmerataan) dalam alur kerja.

Selain itu, *takt time* sangat berharga untuk mengoptimalkan biaya penyimpanan karena akan membantu Anda menghindari kelebihan produksi. Aplikasi *takt time* dalam Teknik Industri salah satunya pada *Line Balancing*.

Contoh Takt Time dalam Line Balancing

Lini produksi dikatakan seimbang ketika:

- Tidak ada yang terlalu terbebani
- Variasi dapat tertangani
- Tidak ada waktu tunggu

Yamazumi dalam bahasa Jepang artinya tumpukan atau perbandingan. Yamazumi dapat digunakan untuk mengontrol waktu *takt* dan waktu siklus. Ketika waktu siklus dan waktu *takt* diketahui, *bottleneck* dapat ditemukan.

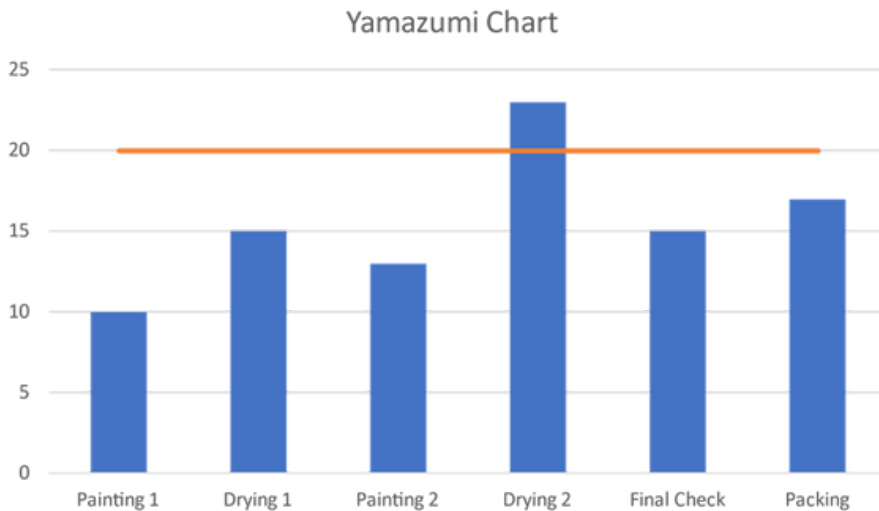
Bottleneck terjadi ketika:

Takt time < Cycle time

Contoh:

Tabel 2.7 Contoh *Takt Time* dalam *Line Balancing*

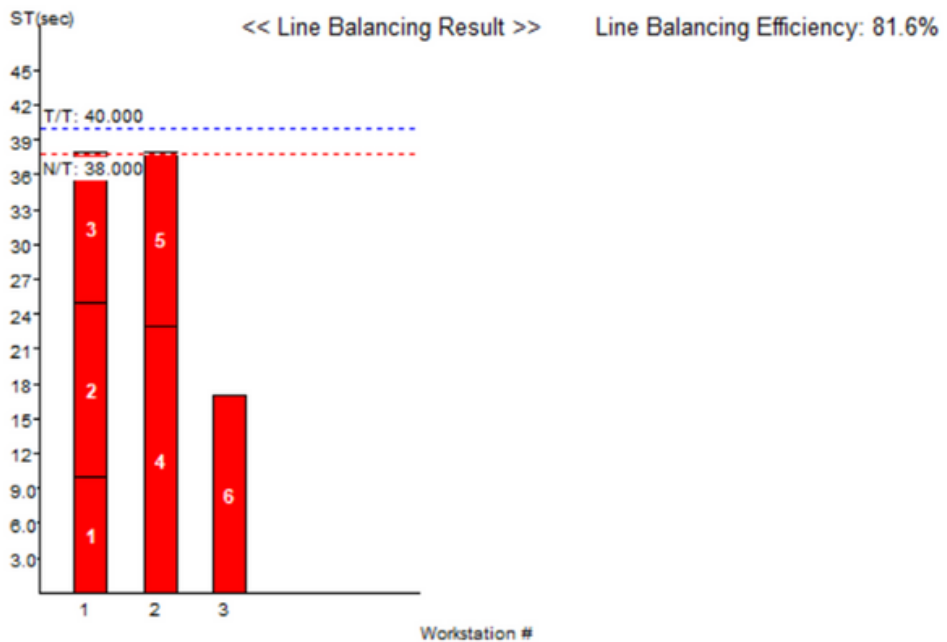
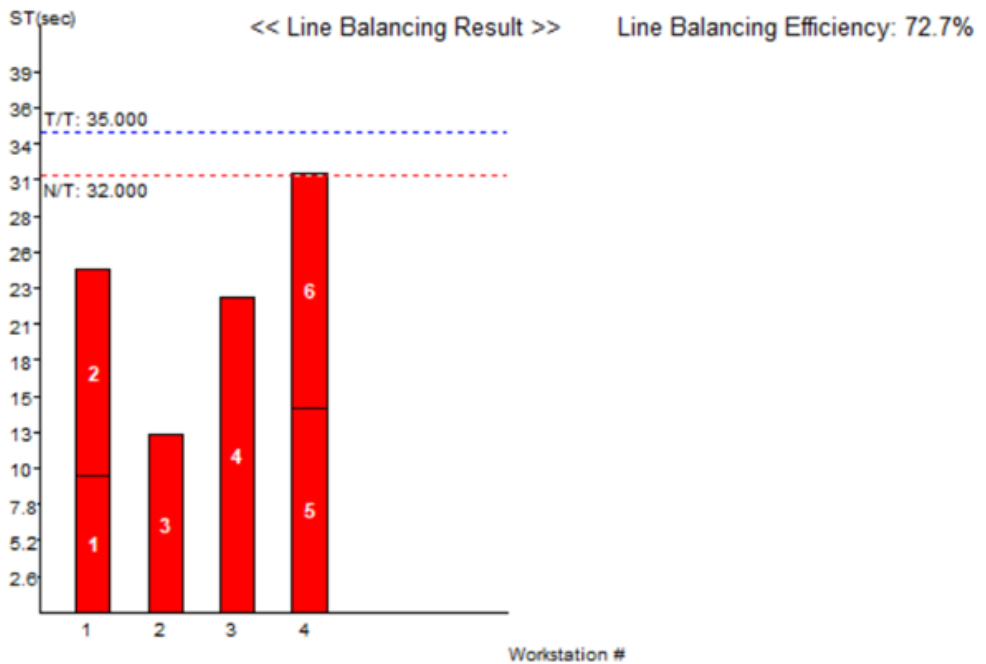
Task	Cycle Time	Takt Time
Painting 1	10	20
Drying 1	15	
Painting 2	13	
Drying 2	23	
Final Check	15	
Packing	17	



Gambar 2.14 *Takt time* dan *cycle time*

Pada *resource Drying 2* terjadi *bottleneck*, nilai *takt time* lebih kecil daripada *cycle time*. *Takt time* dalam keseimbangan lini digunakan sebagai pengambilan keputusan dalam penambahan pekerja dan penggabungan *workstation*.

Dengan menambah *Takt time*, perusahaan dapat mendapatkan nilai *line balancing efficiency* lebih tinggi sehingga untuk mendapatkan kondisi ini perusahaan dapat menambahkan waktu kerja harian



Gambar 2.14 *Line balancing efficiency*



Soal-Soal Latihan

1. Di setiap jalur pemrosesan dengan sumber daya tak terbatas dan permintaan tak terbatas, berapa nilai utilitas resource dengan bottleneck?
 - a. 75%
 - b. 50%
 - c. 10%
 - d. 100%
 - e. 0

2. Bagaimanakah rumus utilitasasi resource?
 - a. Utilisasi = Flow Rate x Kapasitas Resource
 - b. Utilisasi = Kapasitas Resource / Flow Rate
 - c. Utilisasi = Flow Rate / Kapasitas Resource

3. Di jalur pemrosesan kami memiliki kapasitas proses 10 unit/jam dan tingkat permintaan 8 unit/jam. Yang mana yang kita gunakan sebagai laju aliran saat menghitung pemanfaatan proses di lini ini?
 - a. Process Capacity
 - b. Level Permintaan
 - c. Processing Time
 - d. Utilisasi
 - e. Flow Rate

Soal nomor 4-7: Produksi Kaca (*Mirror Production*)

Di pusat pemrosesan, ada barisan pekerja untuk membuat cermin dari panel kaca polos. Proses terdiri dari 4 langkah:

- **Pertama, kaca harus dipotong menjadi bentuk yang diminta (CUT)**
- **Kemudian direndam dalam larutan perak-nitrat, di mana transformasi sebenarnya menjadi cermin terjadi (SOAK)**
- **Panel kemudian harus mengering (DRY)**
- **dan akhirnya dikemas untuk transportasi lebih lanjut (PACK)**

Data waktu proses sebagai berikut:

- **Cut: 8 min/pane**
- **Soak: 6 min/pane**
- **Dry: 10 min/pane**
- **Pack: 5 min/pane**

Dari soal tersebut jawab pertanyaan nomor 4 hingga no 7

- 4. Apa flow unit dari soal tersebut?**
 - a. Semua raw material**
 - b. Panel Kaca Polos**
 - c. Satu pak panel kaca polos**
 - d. Pekerja**

5. **Berapa kapasitas dari SOAK resource dalam panel kaca polos/jam?**
 - a. 6 panel per jam
 - b. 1/6 panel per jam
 - c. 10 panel per jam
 - d. 1 panel per jam

6. **Berapa kapasitas prosesnya? (kapasitas proses = kapasitas bottleneck)**
 - a. 6 panel per jam
 - b. 7,5 panel per jam
 - c. 10 panel per jam
 - d. 12 panel per jam

7. **Berapa utilisasi dari proses PACK?**
 - a. 80%
 - b. 50%
 - c. 60%
 - d. 100%

Soal nomor 8-12: Produksi Ski

Terdapat 5 langkah dalam produksi ski, yaitu

- **Kayu dipotong menjadi bentuk yang sesuai, diiris dan diratakan (cut)**
- **Merakit bagian-bagian yang dibutuhkan (assembly)**
- **Dimasukkan ke dalam mesin pres (insertion)**
- **Ditekan / dipres (press)**
- **Memotong kelebihan bagian ski (remove surplus)**

Data waktu proses sebagai berikut:

- **Cut: 12 min/ski**
- **Assembly: 10 min/ski**
- **Insertion: 4 min/ski**
- **Press: 15 min/ski**
- **Remove Surplus: 6 min/ski**

- 8. Apa flow unit dalam case tersebut?**
 - a. Lembaran kayu**
 - b. Ski**
 - c. Press**
 - d. Pekerja**
- 9. Berapa kapasitas proses assembly dalam ski/jam?**
 - a. 5 ski/jam**
 - b. 10 ski/jam**
 - c. 6 ski/jam**
 - d. 0.1 ski/jam**
- 10. Proses manakah yang mengalami bottleneck?**
 - a. Cut**
 - b. Assembly**
 - c. Transportation**
 - d. Press**
 - e. Remove Surpluse**

11. Berapa kapasitas proses nya?
- a. 6 ski/jam
 - b. 15 ski/jam
 - c. 4 ski/jam
 - d. 10 ski/jam
 - e. 5 ski/jam
12. Berapakah utilisasi resource remove surplus?
- a. 80%
 - b. 66,67?
 - c. 100%
 - d. 40%
 - e. 25,67%
13. Thor's Norwegian Bakery memiliki rata-rata produksi 400 roti (persediaan rata-rata dalam proses, I). Roti bertahan 3 jam di dalam oven, dan butuh satu jam lagi untuk pengemasan akhir (total waktu pemrosesan 4 jam, T). Berapa banyak roti per jam yang dihasilkan toko roti (R)?
- a. 300
 - b. 4/400
 - c. 100
 - d. 400
 - e. 150

14. Sebuah toko roti baru, Ottsbrot telah dibuka di ujung jalan. Ottsbrot mengklaim memproduksi roti dengan waktu alir yang lebih cepat dan laju yang lebih cepat daripada milik Thor. Ottsbrot memiliki oven yang mengurangi waktu memanggang hingga 20% dibandingkan dengan milik Thor dan mempekerjakan lebih banyak karyawan, yang mengurangi waktu pengemasan dibandingkan Thor sebesar 30%. Ada juga, rata-rata, 400 roti diproduksi di toko roti Ottsbrot pada waktu tertentu.

Berapa tingkat produksi di Ottsbrot?

- a. 129 roti/jam
 - b. 1240 roti/jam
 - c. 400 roti/jam
 - d. Rate produksi Ottsbrot sama dengan Thor
15. Mesin pembuat balok bekerja 4 shift setiap hari selama 6 hari seminggu mulai pukul 06:00. Setiap shift berdurasi 5 jam, tetapi tiga shift pertama termasuk istirahat 35 menit. Permintaan bulanan pelanggan adalah 10.000 blok. Hitung Takt Time dalam periode tersebut. (Asumsikan 5 minggu selama sebulan.)
- a. 990,77 detik
 - b. 900,5 detik
 - c. 197,10 detik
 - d. 540,09 detik
 - e. 450,55 detik



Aliran Berkelanjutan
PENGURANGAN WAKTU
SETUP

Di pasar global dan kompetitif saat ini, salah satu aspek terpenting untuk perusahaan harus mampu memproduksi berbagai macam produk untuk permintaan yang tinggi. Pelanggan dengan permintaan yang tinggi mencari produsen yang memiliki kemampuan produksi untuk memuaskan mereka kebutuhan. Perusahaan terus berjuang untuk bersaing lebih banyak pelanggan. Salah satu tantangan dalam proses manufaktur di perusahaan adalah menciptakan produk dengan harga kompetitif dan kualitas yang baik. Semakin banyak perusahaan mencoba untuk tetap *up to date* dengan semua manufaktur baru metode dan proses untuk menciptakan produksi keseluruhan yang lebih efisien. Salah satu bagian dari *lean manufacturing* adalah mengatur waktu penyiapan atau *set up time*.

Set up time dapat didefinisikan sebagai jumlah waktu yang dibutuhkan untuk mengganti mesin atau *tools* mesin dari bagian terakhir dari *lot* produksi ke bagian pertama lot produksi berikutnya. Perusahaan berusaha untuk meminimalkan dan, jika mungkin, sepenuhnya menghilangkan waktu penyiapan. Saat ini banyak perusahaan menerapkan metode pengurangan waktu penyiapan namun pengurangan waktu penyetelan bukanlah konsep baru

Ford pada tahun 1926 mempraktikkan *lean manufacturing* dan produksi *just-in-time* dan mengurangi waktu *setup* setidaknya 20 tahun sebelum Toyota dan perusahaan Jepang lainnya.



Ford pada tahun 1926 mempraktikkan *lean manufacturing* dan produksi *just-in-time* dan mengurangi waktu *setup* setidaknya 20 tahun sebelum Toyota dan perusahaan Jepang lainnya. Apa akhirnya yang paling mengejutkan adalah hanya sedikit perusahaan Amerika yang benar-benar mengambil pelajaran ini, bahkan 75 tahun setelah Ford memperkenalkan mereka.



Gambar 3.1 Perkembangan *Ford*

Cara *Ford* mendekati manufaktur adalah untuk melihat semua elemen dalam sistem manufaktur termasuk mesin, orang, informasi perkakas dan produk, dan mengaturnya secara berkesinambungan sistem. Dia menerapkan metode pertama ini dalam produksi Model T yang sangat terkenal.



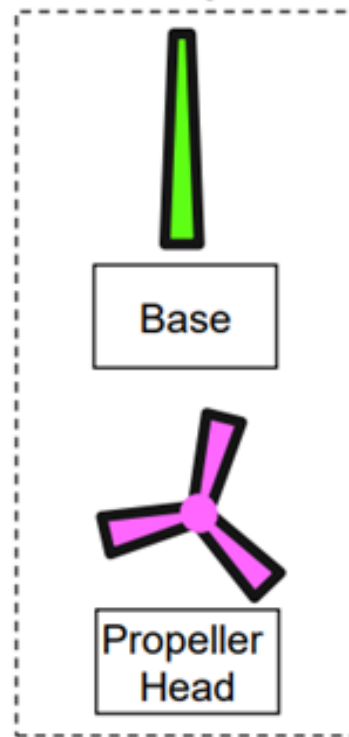
Gambar 3.2 Pionir *Ford*

Karena itu, Ford oleh banyak orang dianggap sebagai pionir dan praktisi pertama *Just In Time* dan *Lean Manufaktur*. Setelah Perang Dunia II dan dengan kemenangan sekutu, Jepang ditinggalkan dengan jumlah yang sangat besar material, ini menarik perhatian Industrialis Jepang. Mereka mulai dengan belajar dan memberikan perhatian khusus pada praktik *Ford* dan praktik kontrol kualitas dari Ishikawa, Deming dan Juran.

Salah satu perusahaan Jepang yang sangat menekankan untuk belajar dan mengembangkan sistem manufaktur baru adalah *Toyota Motor Company*. Taichii Ohno dan Shigeo Shingo, mulai menggabungkan produksi Ford dan teknik lean manufacturing lainnya teknik tersebut menjadi suatu pendekatan yang disebut *Toyota Production System* atau *Just In Time*. Satu kunci penemuan adalah variasi produk, sistem Ford dibangun di sekitar satu, tidak pernah berubah produk dan ini adalah salah satu kekurangannya. Sistem Ford tidak dapat mengatasi dengan baik banyak atau produk baru. Di sinilah masalah penyiapan dan pergantian muncul. Shingo mengatasi masalah ini dan menemukan metode dan teknik untuk mengurangi penyiapan hingga menit dan detik, memungkinkan batch yang lebih kecil, lebih banyak fleksibilitas produksi, dan lebih banyak lagi aliran kontinu seperti konsep Ford asli. Metode ini lebih dikenal dengan SMED, Single Menit Pertukaran Dies.

a. Waktu Setup

Biasanya untuk mengurangi waktu setup, perusahaan melakukan produksinya dalam satuan batch. Berikut adalah contoh proses produksi baling-baling (propeller). Baling-baling terdiri dari base dan propeller head. Waktu proses pada masing-masing stasiun kerja adalah 3 menit dan waktu setupnya adalah satu menit untuk setiap bagian. Sehingga, untuk satu baling-baling, dibutuhkan waktu setup 2 menit.



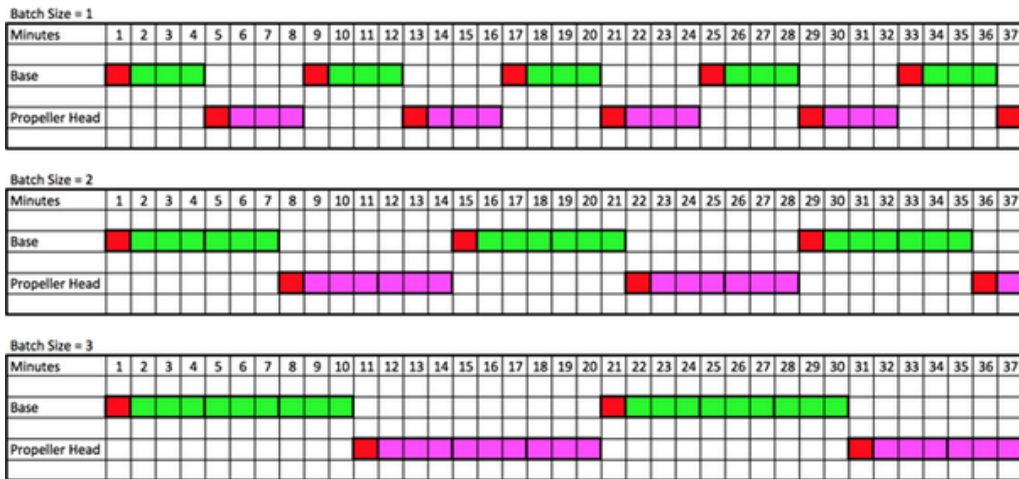
Gambar 3.3 Waktu Setup

Untuk menghitung kapasitas dengan *setup time*, digunakan persamaan:

$$\text{Kapasitas dengan setup} = \frac{\text{Jumlah aliran unit yang diproduksi}}{\text{Total waktu setup} + \text{Waktu Produksi}}$$

$$= \frac{\text{Ukuran batch}}{\text{Waktu setup} + \text{Ukuran Batch} \times \text{waktu per aliran unit}}$$

Berikut adalah *gantchart* produksi *propeller* atau baling-baling



Gambar 3.4 *Ganttchart* produksi *propelle*

Sehingga, dapat dihitung:

$$\text{Kapasitas dengan setup} = \frac{\text{Ukuran batch}}{\text{Waktu setup} + \text{Ukuran Batch} \times \text{waktu per aliran unit}}$$

$$\text{Kapasitas B1} = \frac{1}{2+1 \times 6} = \frac{1}{2+6} = 0,125 \text{ unit/menit} = 7,50 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Kapasitas B2} = \frac{2}{2+2 \times 6} = \frac{2}{2+12} = 0,1429 \text{ unit/menit} = 8,57 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Kapasitas B3} = \frac{3}{2+3 \times 6} = \frac{3}{2+18} = 0,15 \text{ unit/menit} = 9 \text{ unit/jam}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa semakin meningkat ukuran *batch*, ukuran kapasitas juga meningkat namun semakin banyak juga *inventory* dari setiap prosesnya. Semakin kecil waktu *setup*, kapasitas semakin meningkat. Perhitungan dibawah ini merupakan ilustrasi perhitungan kapasitas saat waktu *setup* menurun menjadi 30 detik pada setiap prosesnya.

Sehingga didapatkan:

$$\text{Kapabilitas B1} = \frac{1}{1+1 \times 6} = \frac{1}{1+6} = 0,1428 \text{ unit/menit} = 8,57 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Kapabilitas B2} = \frac{2}{1+2 \times 6} = \frac{2}{1+12} = 0,1538 \text{ unit/menit} = 9,23 \text{ unit/jam}$$

$$\text{Kapabilitas B3} = \frac{3}{1+3 \times 6} = \frac{3}{1+18} = 0,1578 \text{ unit/menit} = 9,47 \text{ unit/jam}$$

Single Minute Exchange of Dies (SMED)

Single-Minute Exchange of Dies (SMED) adalah alat *Lean* yang digunakan dalam manufaktur untuk mengurangi waktu pergantian peralatan. Tujuan SMED adalah untuk menyelesaikan sebanyak mungkin langkah saat peralatan sedang berjalan (atau memproses), sehingga menghemat waktu dan dengan cepat beralih ke pemrosesan produk berikutnya.

Sebelum mempelajari lebih lanjut tentang alat penghemat waktu ini, penting untuk memahami arti setiap istilah akronim. Huruf terakhir, D, adalah singkatan dari *dies/die*. Di bidang manufaktur, cetakan adalah peralatan khusus yang digunakan untuk menentukan ukuran dan bentuk suatu produk. Dadu paling baik digambarkan sebagai stempel atau pemotong kue industri.

Pindah ke huruf kedua hingga terakhir, E berarti pertukaran dadu. Karena *die* disesuaikan untuk membuat ukuran dan bentuk tertentu, *die* dari satu produk akan berbeda dari *die* produk lainnya. Oleh karena itu, menukar cetakan berarti beralih dari membuat satu produk ke membuat produk lainnya.

Dua huruf yang tersisa, SM, singkatan dari satu menit, yang idealnya adalah berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk beralih dari membuat satu produk ke produk lain atau "menukar cetakan". Namun, ini dapat dimodifikasi untuk berarti pertukaran dadu satu digit menit (pertukaran dadu kurang dari 10 menit).

SMED dan Waktu Pergantian Peralatan

Sekarang arti yang tepat dari SMED telah dibahas, hal lain yang perlu diperjelas sebelum mempertimbangkan SMED adalah bagaimana kaitannya dengan waktu pergantian peralatan. Changeover adalah peralihan peralatan dari pemrosesan satu produk ke pemrosesan produk lainnya. Ini sangat mirip dengan pertukaran dadu (didefinisikan di bagian sebelumnya).

Hal yang menarik tentang SMED adalah apa yang dimaksud dengan (pertukaran cetakan satu digit menit) menjelaskan hasil yang diinginkan dari penggunaan SMED lebih dari proses sebenarnya tentang bagaimana membuat pertukaran cetakan memakan waktu kurang dari 10 menit (atau bagaimana untuk mengurangi waktu pergantian peralatan menjadi kurang dari 10 menit).

b. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

OEE digunakan untuk mengukur adanya gangguan aliran dan cacat proses dengan cara mengukur kerugian kapasitas dan kualitas pada sistem. OEE merupakan ukuran produktivitas sistem yang diterjemahkan menggunakan matriks. Dari OEE dapat diketahui ketersediaan proses, kecepatan proses, dan kualitas proses. Nilai OEE 100% artinya bahwa lini produksi dapat menghasilkan produk tanpa cacat dan bekerja tidak berhenti tidak ada kendala. OEE dirumuskan:

$$OEE = \text{Tingkat Ketersediaan} \times \text{Tingkat Peforma} \times \text{Tingkat Kualitas}$$

Tingkat Ketersediaan: ukuran penghentian peralatan yang terencana maupun tidak

Tingkat Pefroma: menunjukkan kecepatan proses produksi

Tingkat Kualitas: menunjukkan ada tidaknya cacat produk

$$\text{Tingkat Ketersediaan} = \frac{\text{Waktu proses yang tersedia}}{\text{Waktu proses yang dijadwalkan}}$$

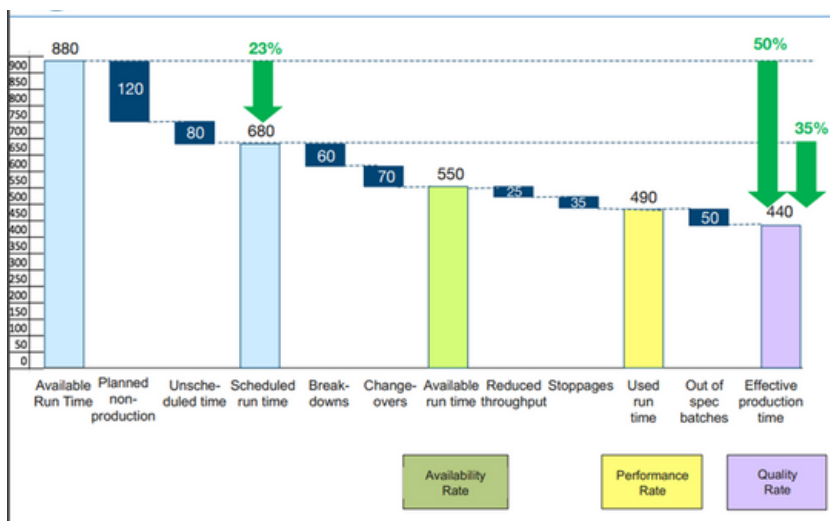
$$\text{Tingkat Peforma} = \frac{\text{Waktu proses yang digunakan}}{\text{Waktu proses yang tersedia}}$$

$$\text{Tingkat kualitas} = \frac{\text{Waktu proses efektif}}{\text{Waktu proses yang digunakan}}$$

Kerugian OEE dapat dikategorikan menjadi 6 grup pada masing-masing kriteria, yaitu:

Tabel 3.1 Kerugian OEE

Tingkat Ketersediaan	Tingkat Peforma	Tingkat kualitas
Mesin Rusak/Gagal	Penghentian	Pengerjaan ulang
Waktu persiapan/set up time	Kecepatan operasi berkurang	Kerugian hasil awal



Gambar 3.5 Contoh OEE

Diketahui total waktu operasi adalah 880 *time units*. Dari tabel di atas, tentukan:

$$\text{Tingkat Ketersediaan} = \frac{550}{680} = 81\% = 0,81$$

$$\text{Tingkat Peforma} = \frac{490}{550} = 89\% = 0,89$$

$$\text{Tingkat kualitas} = \frac{440}{490} = 90\% = 0,9$$

Sehingga, didapatkan:

$$\text{OEE} = 0,81 \times 0,89 \times 0,9 = 0,65 = 65\%$$

Dari perhitungan, didapatkan nilai OEE sebesar 65%. Nilai OEE ini dapat ditingkatkan melalui beberapa strategi, antara lain:

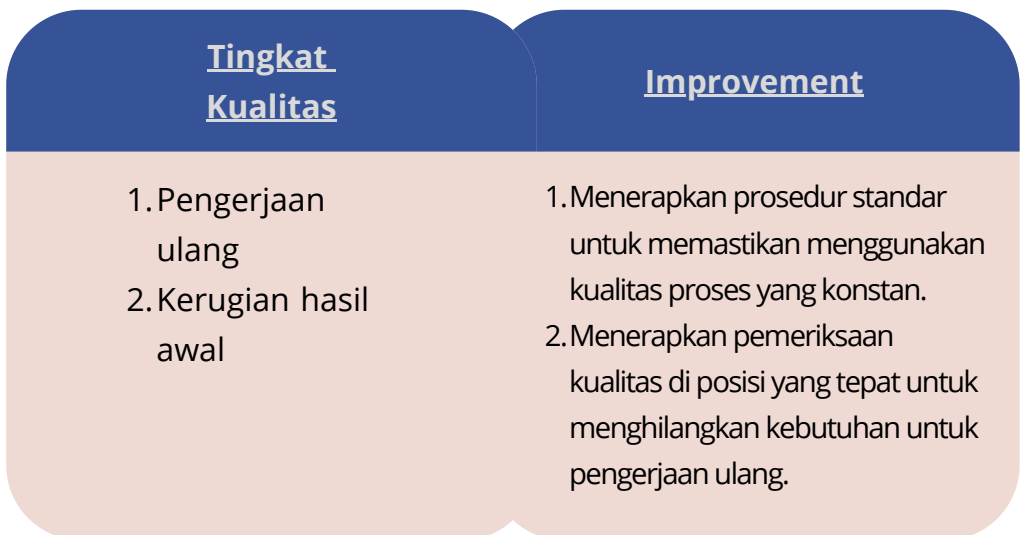


Gambar 3.6 Strategi OEE Tingkat Ketersediaan

Strategi yang dilakukan tidak hanya sebatas pada tingkat ketersediaan, namun dapat dilakukan pada tingkat performa dan tingkat kualitas.



Gambar 3.7 Strategi OEE Tingkat Performa



Gambar 3.8 Strategi OEE Tingkat Kualitas

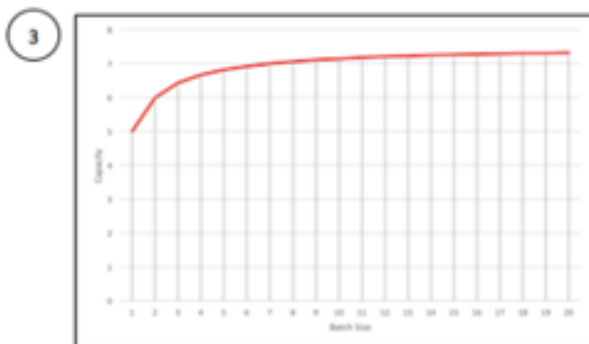
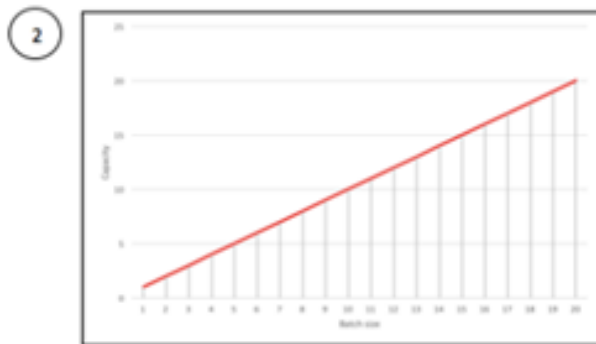
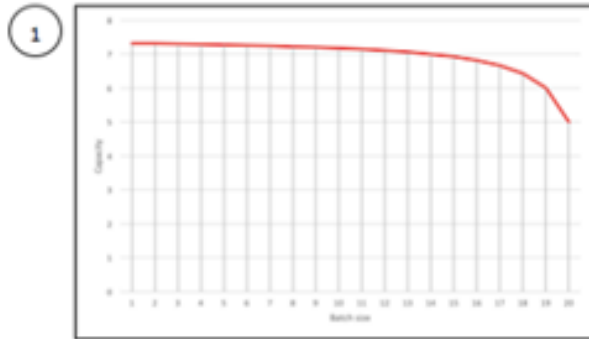


Soal-Soal Latihan

1. Pada contoh aliran proses pembuatan baling-baling (propeller), diketahui bahwa baling-baling dibuat dari base dan head. Base dan Head diproses pada mesin yang sama. Dalam kasus tanpa waktu setup antar bagian, bagaimana perubahan ukuran batch mempengaruhi produksi baling-baling?
 - a. Semakin besar ukuran batch, semakin tinggi kapasitas
 - b. Semakin besar ukuran batch, semakin kecil kapasitas
 - c. Semakin kecil ukuran batch, semakin rendah aliran produksi
 - d. Semakin kecil ukuran batch, semakin sedikit resource yang dibutuhkan
 - e. Ukuran batch tidak berpengaruh pada kapasitas

2. Manakah yang merupakan definisi ukuran batch paling tepat
 - a. Jika unit membutuhkan waktu proses 5 menit, maka ukuran batch adalah 5
 - b. Jika aliran unit dibuat dari 4 part, maka ukuran batch adalah 4
 - c. Jika tiga aliran unit diproses bersama, maka ukuran batch adalah 3

3. Manakah diantara grafik di bawah ini yang merepresentasikan korelasi antara ukuran batch dan kapasitas (dalam unit jam) dalam produksi dengan waktu setup?



- a. Grafik 1
- b. Grafik 2
- c. Grafik 3

4. Sebuah buku terdiri dari dua bagian utama:
sampul buku dan halaman buku.

Waktu produksi adalah:

Sampul: 3 mnt

Halaman: 4 mnt

Mengikat: 2 mnt

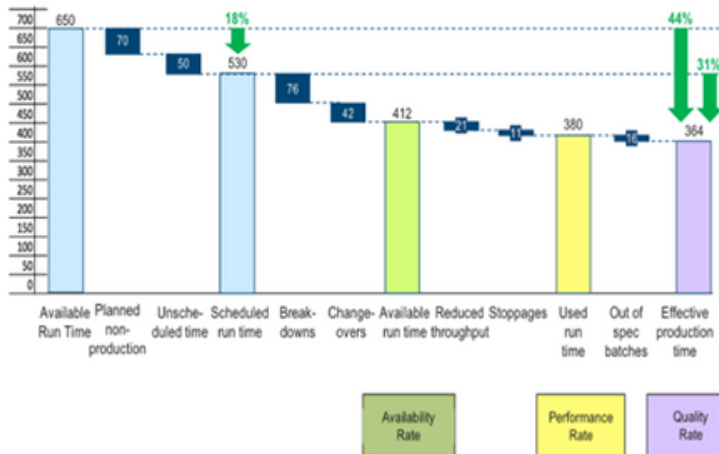
Total waktu produksi untuk 1 buku: $3 + 4 + 2 = 9$ menit

Diasumsikan ada input tak terbatas dan permintaan tak terbatas (Laju Aliran = Kapasitas Proses = Kapasitas kemacetan)

Ingat rumus kapasitas tanpa penyetelan: Kapasitas Sumber Daya = $(1/p)$. Harap hitung kapasitas dalam unit per jam untuk ukuran batch $B = 1$. Bulatkan hasil akhir Anda hingga dua angka desimal.

- a. 10 unit/jam
 - b. 15 unit/jam
 - c. 20 unit/jam
 - d. 30 unit/jam
5. Untuk soal no 5-7, ditambahkan informasi dari soal no 4 bahwa diketahui bahwa setup time dari sampul adalah 3 menit. Hitung berapa kapasitas pada sampul dalam unit per jam dan ukuran batch $B=1$
- a. 10
 - b. 12
 - c. 13,3
 - d. 15

6. Hitung kapasitas dari Sampul dalam unit per jam dan ukuran batch B=5.
- 10
 - 13,3
 - 15
 - 16,7
7. Manakah yang akan Anda pilih untuk ukuran batch optimal sehingga kapasitas Sampul sama dengan kapasitas halaman (15 units/hour)?
- 1
 - 3
 - 5
 - 100



8. Dari informasi grafik di atas, berapakah tingkat tingkat ketersediaannya?
- 0,8
 - 0,87
 - 0,72
 - 0,78

9. Dari informasi grafik di atas, berapakah tingkat tingkat peformanya?
- a. 0,70
 - b. 0,89
 - c. 0,92
 - d. 0,81
10. Dari informasi grafik di atas, berapakah tingkat tingkat Kualitasnya?
- a. 0,67
 - b. 0,49
 - c. 0,96
 - d. 0,83



Meningkatkan Aliran ORGANISASI DAN VISUALISASI TEMPAT KERJA

a. Visualisasi Tempat Kerja

Visualisasi tempat kerja adalah Teknik yang penting dalam *Lean Production* yang menjadi alat utama komunikasi dalam aliran produksi yang dapat meminimasi pemborosan. Visualisasi tempat kerja menciptakan informasi yang ada ditempat kerja dapat dilihat dan dimengerti. Dengan Teknik ini, seluruh orang yang memasuki tempat kerja atau lini produksi dapat mengerti apa yang sedang dikerjakan, status terkini, serta mengerti saat terjadi masalah. Sehingga, *tools* visualisasi tempat kerja harus mempunyai tim yang bisa meng-*update* kondisi atau keadaan setiap waktu tertentu. Visual manajemen sejalan dengan 5S yang akan kita lihat di bagian selanjutnya.

Visualisasi tempat kerja harus mencapai beberapa tujuan dibawah ini, yaitu



Gambar 4.1 Visualisasi Tempat Kerja

1. Menunjukkan Identitas dan Lokasi

Tujuan pertama adalah menunjukkan identitas dan lokasi. Tujuan ini bisa dilakukan dengan visual manajemen dan merupakan alat yang sangat baik untuk meningkatkan pemeliharaan tempat kerja. Menampilkan identitas dapat dilakukan dengan memberikan pelabelan yang jelas terhadap nama barang dan lokasi simpannya. Penamaan diberikan secara jelas dan dapat dilihat. Untuk saat ini, identitas dan lokasi barang atau part dalam aliran produksi dibantu menggunakan barcode sehingga bagian produksi dapat melacak jumlah dan proses part terkini. Visualisasi ini tidak hanya dapat diterapkan pada perusahaan namun dapat diterapkan pula pada rumah Anda masing-masing.

Berikut adalah contohnya:

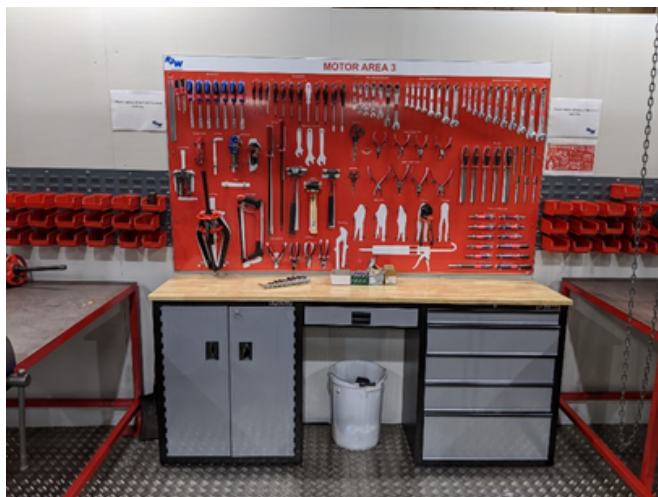


Gambar 4.2 Pelabelan Identitas



Gambar 4.3 Pelabelan Lokasi

Dengan memberikan nama yang jelas pada barang atau *part* dapat meminimasi perpindahan (*Motion*) dan waktu bagi pekerja untuk mencari dan mendapatkan barang atau *part* yang dibutuhkan. Selain itu, dengan identitas dan lokasi yang jelas dapat menghindarkan kesalahan penggunaan sehingga dapat meminimasi *defect*. Contoh lain dalam penunjukkan identitas dan lokasi adalah rak peralatan pada *shadow board*. Pada *shadow board*, pekerja mengetahui lebih mudah dimana posisi alat diletakkan serta dapat mengetahui pula ketika peralatan tidak berada di tempatnya.



Gambar 4.4 Penerapan Identitas dan Lokasi pada *Shadow Board*

2. Menunjukkan Status

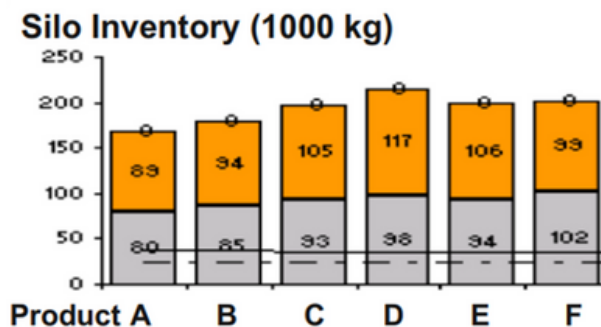
Tujuan selanjutnya dalam visualisasi tempat kerja adalah untuk menunjukkan status operasi atau proses terkini dari lini produksi. Contoh dari tujuan ini adalah lampu Andon



Gambar 4.5 Lampu Andon

Lampu andon mempunyai warna yang terang serta terkadang dapat mengeluarkan suara untuk peringatan tertentu untuk mendeteksi ketidaknormalan. Saat stasiun kerja tertentu mempunyai masalah misalnya adanya cacat produk, operator dapat menekan atau menarik suatu tombol yang kemudian akan divisualisasikan menjadi warna tertentu (Andon). Dengan adalah status terkini dengan Andon, perusahaan dapat mengetahui masalah dengan cepat dan kemudian menyelesaikannya.

Selain Andon, dapat pula digunakan untuk visualisasi *inventory part* atau produk seperti dibawah ini:



Gambar 4.6 Visualisasi *Inventory Part/Product*

3. Mengkomunikasikan Standar Proses

Visualisasi juga dapat digunakan untuk mengkomunikasikan standar proses. Standar proses dapat membantu menjaga variabilitas tetap rendah sehingga dapat mengurangi waktu tunggu dan menghemat waktu. Standar proses dibuat oleh operator dan di visualisasikan ditempat yang tepat sehingga dapat dilihat dengan jelas

Visualisasi standar proses dapat dilakukan dengan menempelkan standar urutan proses pada produk, seperti pada contoh:



Gambar 4.7 Standar Urutan Proses pada Produk

Standar proses yang ditempel berisikan informasi terkait spesifikasi palu yang digunakan untuk membuka drum dan cara membukanya. Bagi pekerja yang sudah lama melakukan pekerjaan tersebut, bisa jadi tidak membutuhkan informasi terkait standar proses, namun untuk seorang yang baru bekerja, membutuhkan informasi terkait standar proses. Kesalahan proses yang terjadi akibat ketidaktahuan prosedur dapat mengakibatkan antrian dan *bottleneck*.

4. Melakukan Pemantauan

Salah satu cara untuk memantau proses adalah dengan *Critical Key Performance Indicator* (KPI). Berikut adalah contoh data *visual cycle time* di India yang digunakan untuk memantau proses. *Cycle time* adalah contoh dari *Key Performance Indicator* (KPI). Nilai *cycle time* inilah yang akan dipantau oleh operator pada lini produksi.

GREEN FINAL BATCHES WASHING DATA												MONTH		
FP No.	BATCHES No.	WASHING Hrs.	FP No.	BATCHES No.	WASHING Hrs.	FP No.	BATCHES No.	WASHING Hrs.	FP No.	BATCHES No.	WASHING Hrs.	FP No.	BATCHES No.	WASHING Hrs.
1	5407	23	1	5430	18	1	5431	23	1	5444	8			
2	5407	24	1	5430	25	1	5431	24	1	5444	13			
2	5408	26	1	5430	19	1	5432	21	2	5444	21			
2	5420	23	4	5431	27	2	5431	18	4	5419	18			
1	5420	15	2	5441	27	4	5434	19	3	5419	26			
1	5427	21	3	5441	27	3	5433	24	1	5435	29			
4	5427	16	1	5440	29	1	5434	25	2	5425	16			
1	5423	21	3	5441	19	2	5434	28	1	5421	31			
2	5431	14	2	5444	22	1	5425	23	8	5423	24			
1	5431	24	3	5441	14	4	5433	18	3	5423	22			
1	5431	20	3	5444	23	3	5420	24	2	5424	18			
2	5431	14	4	5444	4	2	5427	25		5420				
4	5424	23	2	5442	11	1	5417			5414				
1	5435	14	2	5442	24	4	5441			5421				

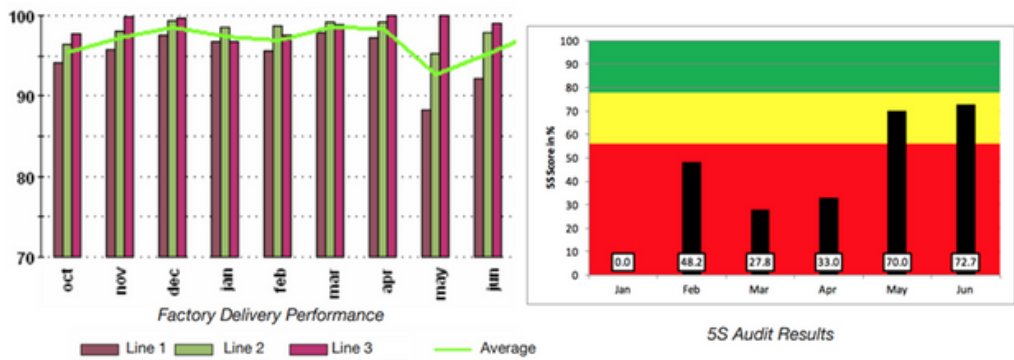
MONTH /year	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEPT	OCT	NOV	DEC
TOTAL BATCHES	68	78	67	68	68	70	74	60	63	63	69	15
TOTAL WASHING Hrs.	1301	1955	2048	2005	1625	1315	1503	1095	1019	1403	1413	340
AVERAGE WASHING Hrs.	28	25	32	23	24	22	20	18	16	19	21	24

Gambar 4.8 Pemantauan Proses

Pada Gambar 4.8 terlihat beberapa lingkaran merah. Lingkaran merah adalah tanda untuk proses yang melebihi *cycle time*. Proses yang melebihi *cycle time* tersebut dapat menyebabkan terjadinya *delay*. Sehingga, informasi pada gambar digunakan oleh perusahaan sebagai bahan evaluasi untuk proses selanjutnya untuk dicari apa penyebabnya dan bagaimana penyelesaiannya



Pemantauan yang dilakukan harus menunjukkan perkembangan dari KPI. Berikut adalah contoh hasil pantauan peforma pengiriman barang dari sebuah perusahaan semikonduktor:



Gambar 4.9 Hasil Pantauan Peforma Pengiriman Barang

Dari grafik dapat dilihat bahwa pada bulan Mei peforma *Line 1* mengalami penurunan serta skor 5S mengalami peningkatan dari bulan ke bulan.

5. Mengkomunikasikan Perubahan dan Perbaikan

Komunikasi perubahan dan perbaikan dapat dilakukan dengan menempel informasi pada papan. Pada papan bisa diisi beberapa hal seperti peforma, ide-ide baru, dan permasalahan



Gambar 4.10 Komunikasi Perubahan dan Perbaikan

b. Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain (5S)

5S adalah salah satu *tools* pada *Lean Production* yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan. Terdapat 5 tahap dalam *tools* tersebut dan setiap *tools* diawali dengan huruf S, yaitu:



Gambar 4.2 Konsep 5S

Dengan menyediakan kerangka kerja yang sistematis untuk pengaturan dan kebersihan, 5S membantu menghindari hilangnya produktivitas akibat pekerjaan yang tertunda atau waktu henti yang tidak direncanakan. 5S dibuat di Jepang, dan istilah “S” dibuat dalam bahasa Jepang, sehingga terjemahan bahasa Inggris untuk masing-masing dari lima langkah tersebut mungkin berbeda. Namun, ide dasar dan hubungan di antara mereka mudah dipahami.

Langkah-langkah ini saling melengkapi, sehingga urutan menjadi suatu hal yang penting. Membersihkan bahan yang tidak diperlukan di langkah 1 (*Sort*) akan menyediakan ruang yang diperlukan untuk menata barang-barang penting di langkah 2 (*Set in order*). Kemudian, setelah ruang kerja dirapikan dan diatur, kotoran dan kotoran dapat dihilangkan pada langkah 3 (*Shine*). Perubahan pada tugas pekerjaan dan lingkungan kerja pekerja ini harus tercermin dalam prosedur yang diperbarui melalui langkah 4 (*Standardize*).

Tabel 4.1 Konsep 5S

Inggris	Jepang	Penjelasan
Sort	Seiri	Hapus item yang tidak perlu dari setiap area
Set in Order	Seiton	Mengatur dan mengidentifikasi penyimpanan untuk penggunaan yang efisien
Shine	Seiso	Bersihkan dan periksa setiap area secara teratur
Standardize	Seiketsu	Incorporate 5S into standard operating procedures
Sustain	Shitsuke	Menetapkan tanggung jawab, melacak kemajuan, dan melanjutkan siklus

Terakhir, prosedur baru tersebut tidak akan berarti apa-apa kecuali tanggung jawab diberikan dan kemajuan dilacak seperti yang dipersyaratkan untuk langkah 5 (*Sustain*). Dan dengan tanggung jawab dan pelacakan, pekerja akan terus menerapkan langkah-langkah tersebut, kembali ke langkah 1.

1. Sort atau Seiri

Langkah pertama dalam proses 5S adalah *Sort* atau "*seiri*", yang diterjemahkan menjadi "kerapian". Tujuan dari langkah Sortir adalah untuk menghilangkan dan membersihkan *area* kerja atau ruangan dengan membuang hal-hal yang tidak termasuk dalam area tersebut.

Membersihkan Wilayah Kerja

Untuk langkah ini, perhatikan baik-baik barang, alat, dan bahan yang ada di area kerja. Barang-barang yang diperlukan atau berguna untuk pekerjaan yang dilakukan di ruang itu harus disimpan di sana. Segala sesuatu yang lain yang tidak dibutuhkan untuk pekerjaan dihilangkan.

2. Set in order atau Seiton

Langkah kedua, *Set In Order*, awalnya disebut "*seiton*", yang diterjemahkan menjadi "keteraturan". Berbagai nama telah digunakan dalam bahasa Inggris: "*Systematic Organization*", "*Straightening Out*", dan "*Simplify*", misalnya. Apa pun namanya, tujuan dari langkah ini adalah mengatur area kerja. Setiap barang harus mudah ditemukan, digunakan, dan dikembalikan: tempat untuk segala sesuatu, dan segala sesuatu pada tempatnya.

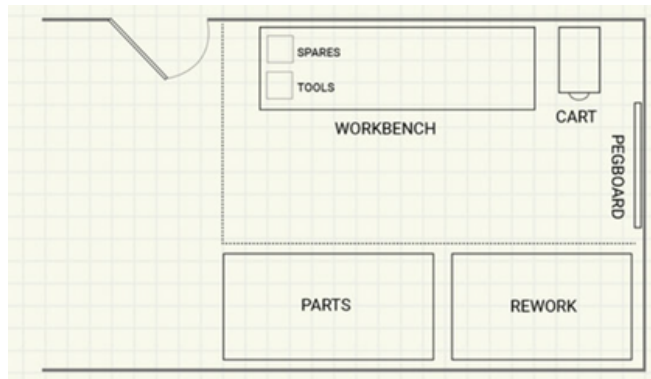
Berikut adalah contoh dari *Set in order*:



Gambar 4.3 *Set in order*

Alat yang sering digunakan sebaiknya disimpan di dekat tempat penggunaannya. Peralatan cadangan, perlengkapan, dan peralatan lain yang lebih jarang digunakan dapat disimpan di lokasi terpusat, di mana beberapa tim dapat membagikannya. Item yang biasanya digunakan bersama (seperti bor dan mata bor) harus disimpan berdekatan. Masing-masing keputusan ini akan masuk akal dengan sendirinya, tetapi mungkin sulit untuk melacak semuanya.

Peta 5S adalah diagram atau denah lantai yang memberikan gambaran umum tentang area kerja, proses, atau stasiun.



Gambar 4.4 Diagram atau denah area kerja

3. Shine atau Seiso

Langkah kedua, *Set In Order*, awalnya disebut "*seiton*", yang diterjemahkan menjadi "keteraturan". Berbagai nama telah digunakan dalam bahasa Inggris: "*Systematic Organization*", "*Straightening Out*", dan "*Simplify*", misalnya. Apa pun namanya, tujuan dari langkah ini adalah mengatur area kerja. Setiap barang harus mudah ditemukan, digunakan, dan dikembalikan: tempat untuk segala sesuatu, dan segala sesuatu pada tempatnya.

Langkah ketiga dari 5S adalah *Shine*, atau "*seiso*", yang berarti "kebersihan". Langkah pertama dan kedua membersihkan ruang dan mengatur area untuk efisiensi, sedangkan *Shine* lebih pada membersihkan kotoran yang menumpuk akibat proses seperti tatal atau geram dan mencegahnya terjadi lagi.



Gambar 4.5 Membersihkan area kerja

Shine bergerak jauh lebih dari sekadar menyapu total sesekali namun melakukan pembersihan secara rutin di setiap bagian *area* kerja. Pembersihan dapat dilakukan sesuai kebutuhan yaitu harian atau mingguan.

Langkah *Shine* tidak dimaksudkan sebagai pekerjaan untuk staf pemeliharaan atau kebersihan. Setiap pekerja harus membersihkan area kerja dan peralatan yang mereka gunakan. Langkah ini memiliki beberapa manfaat

- Pekerja yang akrab dengan area tersebut akan segera menyadari masalah yang muncul pada areanya sendiri
- Bahaya atau situasi sulit yang mungkin terjadi atau pernah terjadi akan dipahami dan diperhitungkan
- Item yang tidak pada tempatnya atau hilang akan dikenali
- Pekerja akan cenderung menjaga kebersihan ruang kerja mereka sendiri selama pengoperasian normal

Setiap orang harus memperhatikan kebersihan tempat kerja secara keseluruhan, bersedia memungut sampah dan sebagainya. Namun agar 5S memberikan hasil terbaik, setiap pekerja harus mengambil tanggung jawab pribadi atas ruang kerjanya masing-masing.

Langkah *Shine* dapat digunakan sebagai pemeliharaan preventif. Menjaga area kerja tetap bersih akan memiliki banyak keuntungan. Salah satu keuntungan penting adalah mudah untuk menemukan kebocoran, retakan, atau ketidaksejajaran. Jika orang yang menjaga kebersihan area adalah mereka yang menggunakan, orang tersebut akan lebih mudah mengenali masalah yang mungkin terjadi.

Membiarkan masalah tersebut tidak diperhatikan dan tidak terselesaikan dapat mengakibatkan kegagalan peralatan, bahaya keselamatan, dan hilangnya produktivitas. Dengan pembersihan dan pemeriksaan konstan yang digunakan dalam langkah *Shine* 5S, sistem dapat dimasukkan ke dalam program pemeliharaan preventif. Dengan cara ini, 5S dapat memperpanjang masa pakai peralatan dan membantu mengurangi waktu henti darurat.

4. Standardize atau Seiketsu

Tiga langkah pertama 5S mencakup dasar-dasar membersihkan, mengatur, dan membersihkan ruang kerja dengan sendirinya, Langkah-langkah tersebut akan memberikan manfaat jangka pendek. Langkah keempat adalah Standarisasi, atau “seiketsu,” yang berarti standardisasi. Dengan menuliskan apa yang sedang dilakukan, di mana, dan oleh siapa, dapat memasukkan praktik baru ke dalam prosedur kerja normal. Cara ini dapat membuka jalan bagi perubahan jangka panjang.

Menuliskan keputusan yang dibuat dalam program 5S akan membantu memastikan bahwa pekerjaan tidak hilang begitu saja. Jika membuat peta 5S pada langkah Set In Order, peta tersebut dapat menjadi bagian dari standar baru untuk area tersebut. Dengan cara yang sama, proses yang digunakan untuk item penandaan merah dapat ditulis dan dimasukkan ke dalam standar.

Setelah membuat keputusan tentang cara mengubah praktik kerja, keputusan tersebut perlu dikomunikasikan kepada pekerja. Komunikasi ini adalah bagian penting dari langkah Standarisasi. Alat umum untuk proses ini meliputi:

- Daftar periksa 5S – Mencantumkan langkah-langkah individual dari suatu proses memudahkan pekerja untuk mengikuti proses itu sepenuhnya. Daftarn ini juga merupakan alat audit sederhana untuk memeriksa kemajuan di kemudian hari.
- Bagan siklus pekerjaan – Identifikasi setiap tugas yang akan dilakukan di area kerja, dan putuskan jadwal atau frekuensi untuk setiap tugas tersebut. Kemudian, berikan tanggung jawab kepada pekerja tertentu. Bagan yang dihasilkan dapat diposkan secara kasat mata untuk menyelesaikan pertanyaan dan meningkatkan akuntabilitas.

- Label dan tanda prosedur – Berikan petunjuk pengoperasian, langkah pembersihan, dan prosedur perawatan pencegahan tepat di mana informasi tersebut diperlukan.

5. Sustain atau Shiketsu

Langkah kelima dari program 5S adalah Sustain, atau “shitsuke”, yang secara harfiah berarti “disiplin”. Idenya di sini adalah melanjutkan komitmen. Penting untuk menindaklanjuti keputusan yang telah Anda buat dan terus kembali ke langkah awal 5S, dalam siklus berkelanjutan.

Pendekatan 5S tidak pernah dimaksudkan sebagai peristiwa satu kali, tetapi siklus yang berkelanjutan. Karena keberhasilan awal dalam 5S dapat membuka jalan bagi masalah. Jika ruang terbuka tersedia pada langkah Sortir, tetapi setelah itu, alat dan bahan dibiarkan mengisi ruang tersebut secara bertahap tanpa pengaturan apa pun, hasil akhirnya bisa menjadi kekacauan yang lebih besar. Solusinya adalah menerapkan ide-ide 5S berulang-ulang, sebagai bagian rutin dari pekerjaan normal. Itu sebabnya Sustain sangat penting. Mempertahankan program 5S dapat berarti hal yang berbeda di tempat kerja yang berbeda, tetapi ada beberapa elemen yang umum dalam program yang berhasil.



Soal-Soal Latihan

1. Manakah jawaban yang tidak tepat. 5S adalah
 - a. Pengaturan tempat kerja
 - b. Sebuah pendekatan yang sistematis
 - c. Bertujuan untuk mendorong kedisiplinan
 - d. Metode untuk menemukan akar penyebab masalah

2. Langkah 1 dari 5S adalah "Sort". Dalam proses ini, seseorang harus memutuskan apakah suatu item diperlukan atau tidak diperlukan. Manakah dari berikut ini yang BUKAN merupakan indikator untuk item yang tidak diperlukan?
 - a. Ketinggalan jaman
 - b. Tidak digunakan
 - c. Brand baru
 - d. Duplikasi
 - e. Tidak berhubungan dengan kerja

3. Apa perbedaan dari "Sort" dan "Set in Order"?
 - a. Sort: memisahkan mana yang dibutuhkan dan tidak dan menggunakan apa yang dibutuhkan saja. Set in order: Sebuah desain untuk benda atau peralatan yang diletakkan pada area terbaik sehingga dapat mengurangi Gerakan

- b. **Sort:** Sebuah desain untuk benda atau peralatan yang diletakkan pada area terbaik sehingga dapat mengurangi Gerakan. **Set in order:** memisahkan mana yang dibutuhkan dan tidak dan menggunakan apa yang dibutuhkan saja
 - c. **Sort:** Mengurutkan item sesuai dengan karakteristik yang telah ditentukan. **Set in Order:** Memeriksa semua item dan membuat daftar milik
 - d. **Sort:** Memeriksa semua item dan membuat daftar milik. **Set in Order:** Mengurutkan item sesuai dengan karakteristik yang telah ditentukan
4. Manakan dibawah ini yang tidak termasuk dalam "Shine
- a. Desain lokasi yang diberi nama dan terlihat. Dilatakan pada lokasi terbaik sehingga dapat mengurangi pergerakan
 - b. Bertanggungjawab pada kebersihan. Kapan harus dibersihkan dan apa/dimana tempat yang butuh dibersihkan
 - c. Material untuk membersihkan harus selalu tersedia
5. Manakah dibawah ini yang termasuk dalam pernyataan yang benar tentang 5S.
- a. Standardize merupakan bagian yang paling sulit
 - b. Standardize menghasilkan dokumen cara kerja standar
 - c. Shine adalah langkah 5S yang laing tidak penting

6. Bagaimana manajemen visual ditunjukkan dalam gambar di bawah ini?



a. Penanda lantai menunjukkan konsep Manajemen Visual "Tampilkan Identitas dan Lokasi". Dalam contoh ini, mereka menunjukkan "Lokasi" dengan menunjukkan di mana kotak harus disimpan.

b. Penanda lantai menunjukkan konsep Manajemen Visual "Komunikasikan Proses Standar".

c. Penanda lantai menunjukkan konsep Manajemen Visual "Menampilkan Status".

d. Penanda lantai menunjukkan konsep Manajemen Visual "Komunikasikan Perubahan dan Peningkatan".

6. Perhatikan gambar di bawah ini dan jawab pertanyaan berikut:



Deskripsi gambar: KPI dihitung secara berkala dan ditampilkan di papan agar dapat dilihat oleh setiap karyawan. Bagaimana manajemen visual ditunjukkan dalam gambar dan deskripsi Gambar yang diberikan?

- a. Gambar tersebut menunjukkan dan mevisualisasikan ide-ide karyawan**
- b. Gambar tersebut menunjukkan dan mevisualisasikan pemberian selamat atas upaya tim**
- c. Gambar tersebut menunjukkan dan mevisualisasikan pemantauan kinerja dan mengkomunikasikan perubahan dan peningkatan**
- d. Gambar tersebut menunjukkan dan mevisualisasikan menampilkan status.**



Menjaga Aliran
SISTEM TARIK DAN
PENJADWALAN

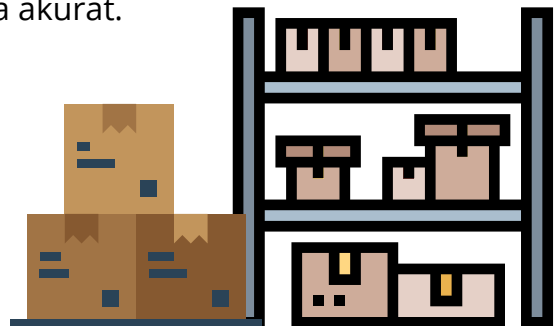
a. Just-in-time



Gambar 5.1 *Just in Time*

Sistem persediaan *just-in-time* (JIT) adalah strategi manajemen yang menyelaraskan pesanan bahan baku dari pemasok secara langsung dengan jadwal produksi. Perusahaan menerapkan strategi persediaan ini untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi pemborosan dengan menerima barang hanya saat mereka membutuhkannya untuk proses produksi, yang mengurangi biaya persediaan. Metode ini mengharuskan produsen untuk meramalkan permintaan secara akurat.

Sistem penyimpanan pada *just-in-time* (JIT) adalah strategi manajemen yang meminimalkan inventaris dan meningkatkan efisiensi.



Manufaktur *just-in-time* juga dikenal sebagai Toyota Production System (TPS) karena pabrik mobil Toyota mengadopsi sistem tersebut pada tahun 1970-an.

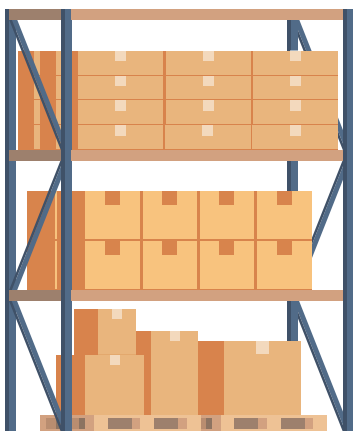
Kanban adalah sistem penjadwalan yang sering digunakan bersamaan dengan JIT untuk menghindari kelebihan kapasitas barang dalam proses.

Keberhasilan proses produksi JIT bergantung pada produksi yang stabil, pengerjaan berkualitas tinggi, tidak ada kerusakan mesin, dan pemasok yang dapat diandalkan.

Istilah *short-cycle manufacturing*, yang digunakan oleh Motorola, dan *continuous-flow manufacturing*, yang digunakan oleh IBM, identik dengan sistem JIT.

Bagaimana cara kerja *inventory Just in time*?

Sistem *inventory just-in-time* (JIT) meminimalkan jumlah *inventory* dan meningkatkan efisiensi. Sistem produksi JIT memangkas biaya persediaan karena produsen menerima bahan dan suku cadang sesuai kebutuhan untuk produksi dan tidak perlu membayar biaya penyimpanan. Perusahaan juga tidak dibiarkan dengan penyimpanan yang tidak diinginkan apabila pesanan dibatalkan atau tidak dipenuhi.



Salah satu contoh sistem *inventory* JIT adalah produsen mobil yang beroperasi dengan tingkat penyimpanan rendah tetapi sangat bergantung pada rantai pasokannya untuk mengirimkan suku cadang yang diperlukan untuk membuat mobil sesuai kebutuhan. Akibatnya, perusahaan memesan suku cadang yang diperlukan untuk merakit kendaraan hanya setelah pesanan diterima.

Agar manufaktur JIT berhasil, perusahaan harus memiliki produksi yang stabil, pengerjaan berkualitas tinggi, mesin pabrik bebas kesalahan, dan pemasok yang andal.

Kelebihan dan Kekurangan JIT

Sistem *inventory* JIT memiliki beberapa keunggulan dibandingkan model tradisional. Jangka waktu produksi singkat, yang berarti produsen dapat dengan cepat berpindah dari satu produk ke produk lainnya. Juga, metode ini mengurangi biaya dengan meminimalkan kebutuhan gudang. Perusahaan juga menghabiskan lebih sedikit uang untuk bahan mentah karena mereka hanya membeli sumber daya yang cukup untuk membuat produk yang dipesan dan tidak lebih.

Kerugian dari sistem persediaan JIT melibatkan gangguan potensial dalam rantai pasokan. Jika pemasok bahan baku mengalami kerusakan dan tidak dapat mengirimkan barang dengan segera, hal ini dapat menghambat seluruh lini produksi. Pesanan barang tak terduga yang tiba-tiba dapat menunda pengiriman produk jadi ke klien akhir.

Contoh Just in Time

Terkenal dengan sistem persediaan JIT-nya, *Toyota Motor Corporation* memesan suku cadang hanya ketika menerima pesanan mobil baru. Meski perusahaan memasang metode ini pada 1970-an, butuh waktu 20 tahun untuk menyempurnakannya.



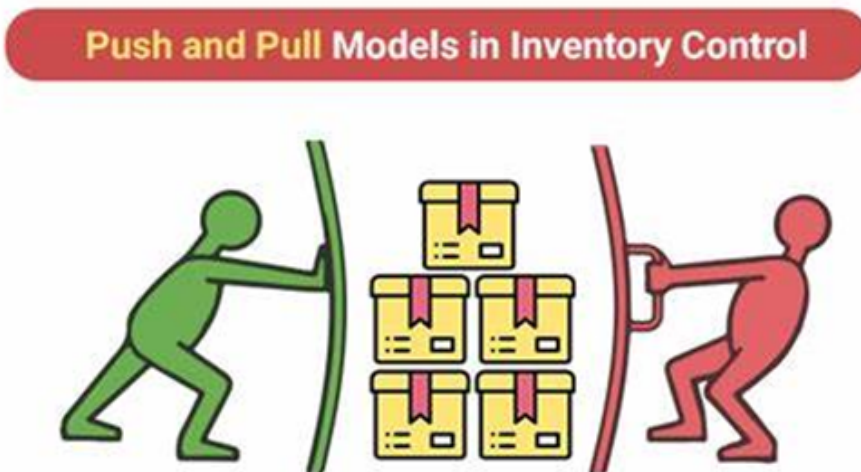
Sedihnya, sistem persediaan JIT Toyota hampir menyebabkan perusahaan tersebut terhenti pada Februari 1997, setelah kebakaran di pemasok suku cadang otomotif milik Jepang, Aisin, yang menghancurkan kapasitasnya untuk memproduksi katup-P untuk kendaraan Toyota. Karena Aisin adalah satu-satunya pemasok suku cadang ini, penutupannya selama berminggu-minggu menyebabkan Toyota menghentikan produksi selama beberapa hari.

Hal ini menimbulkan efek riak, di mana pemasok suku cadang Toyota lainnya juga harus ditutup sementara karena pembuat mobil tidak membutuhkan suku cadang mereka selama jangka waktu tersebut. Akibatnya, kebakaran ini merugikan pendapatan Toyota 160 miliar yen.

Sistem persediaan JIT populer dengan usaha kecil dan perusahaan besar karena meningkatkan arus kas dan mengurangi modal yang dibutuhkan untuk menjalankan bisnis. Pengecer, restoran, penerbitan sesuai permintaan, manufaktur teknologi, dan manufaktur mobil adalah contoh industri yang mendapat manfaat dari persediaan *just-in-time*.

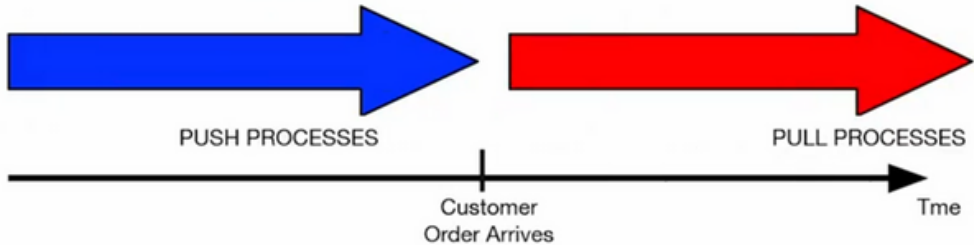
JIT dikaitkan dengan pembuat mobil Jepang Toyota Motor Corporation. Para eksekutif di Toyota pada tahun 1970-an beralasan bahwa perusahaan dapat beradaptasi dengan lebih cepat dan efisien terhadap perubahan tren atau tuntutan perubahan model jika tidak menyimpan lebih banyak persediaan di toko daripada yang dibutuhkan segera.

b. Sistem Tarik dan Dorong



Gambar 5.2 Sistem Tarik dan Dorong

Sistem Tarik dan Dorong (*Pull and Push System*) adalah metode yang digunakan untuk mengatur *inventory* pada persusahaan manufaktur hingga *consumer goods*. Kedua sistem ini termasuk dalam sistem dalam *Lean Production*.



Gambar 5.3 *Push and Pull Process*

Sistem dorong (*push system*) dalam manufaktur adalah sistem yang bergantung pada stok. Sistem ini merancang produksi berdasarkan hasil peramalan permintaan. Sistem Tarik (*pull system*) adalah sistem yang melakukan proses berdasarkan permintaan aktual.

Pada gambar 5.3 dapat dilihat bahwa sistem *push* melakukan produksi sebelum permintaan pelanggan datang (*before customer order arrives*) sedangkan sistem Tarik melakukan produksi setelah permintaan pelanggan datang. Contoh sistem Tarik dan dorong yang dapat kita temui pada kehidupan sehari-hari:



Gambar 5.4 Contoh Sistem Dorong

Supermarket atau *grocery store* merupakan contoh dari sistem dorong. Supermarket melakukan stok pada produk yang mereka jual dan kemudian pelanggan akan datang untuk memilih dan membeli.



Gambar 5.5 Contoh Sistem Tarik

Restoran Chinese atau *fast food* merupakan contoh dari sistem Tarik (*pull*). Restoran akan memproses pesanan setelah *order* masuk dari pelanggan.

Sehingga, definisi dari Sistem Tarik dan Dorong adalah:

“A pull system establishes an a priori limit on the work in progress, while a push system does not.”

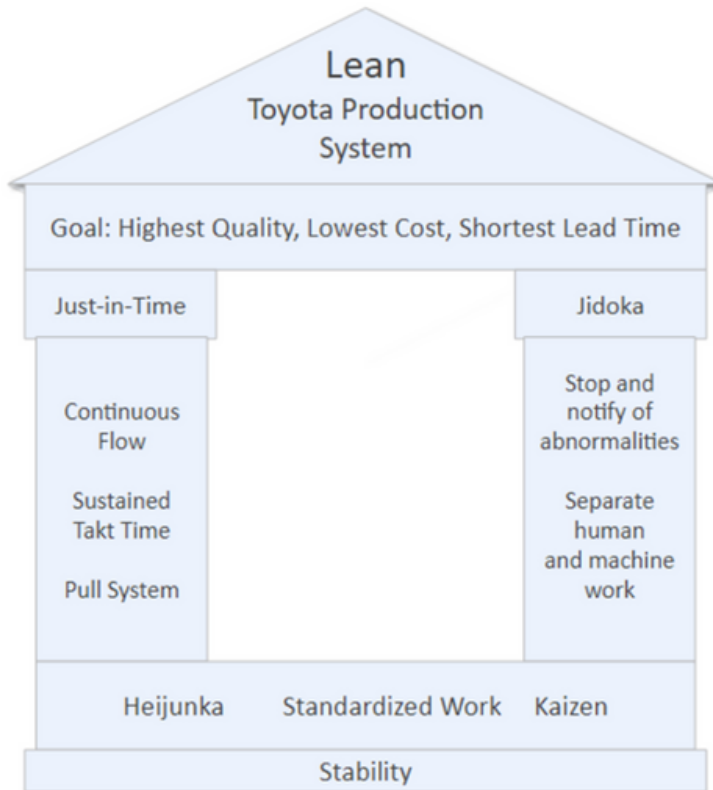
**(Hopp and Spearman,
Factory Physics,
3rd edition, 2008)**



Sistem tarik bekerja berdasarkan limitasi pada *work in progress* sedangkan sistem dorong tidak. Batasan untuk sistem tarik adalah *Takt Time* yaitu:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Waktu produksi yang tersedia}}{\text{jumlah permintaan pelanggan}}$$

c. Heijunka



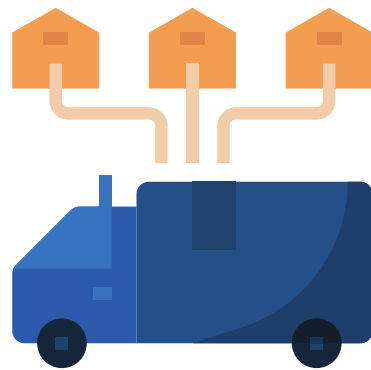
Gambar 5.6 *Lean Toyota Production System*

Heijunka merupakan salah satu dari tiga belas pilar *Toyota Production System* dan didirikan untuk menghemat biaya produksi dan mengurangi ketidakmerataan dalam suatu proses produksi. Ini adalah istilah Jepang untuk "perataan" yang memungkinkan organisasi mengoptimalkan sistem manajemen *inventory* mereka untuk memenuhi kebutuhan pelanggan dan bergantung pada tingkat pembelian pelanggan.

Heijunka adalah metode pada *Lean Production* yang membantu mengurangi kelebihan produksi dengan memproses pesanan berdasarkan permintaan pelanggan dan menghindari produksi massal dalam *batch*.

Heijunka dalam sistem *lean* bertujuan untuk meningkatkan alur kerja produksi agar lebih sesuai dengan pesanan pelanggan, mengurangi pemborosan, dan meminimalkan kemungkinan *overburden*. *Heijunka* membantu organisasi untuk mencapai hal-hal berikut:

1. Memenuhi permintaan pelanggan secara efisien;
2. Mengurangi kebutuhan *inventory* karena proses *batching* yang lebih sedikit;
3. Menurunkan biaya modal;
4. Meningkatkan profitabilitas; dan
5. Meminimalkan masalah tenaga kerja.



Implementasi *Heijunka* yang tepat memberikan prediktabilitas, fleksibilitas, dan stabilitas dalam organisasi. *Heijunka* membantu meratakan permintaan, mengurangi waktu pergantian, dan rata-rata volume dan jenis produksi dalam jangka panjang. Ada dua cara pemerataan produksi dengan menggunakan konsep *Heijunka*, dapat dilaksanakan berdasarkan volume atau jenis.

- *Leveling by Volume*

berkaitan dengan jumlah item per jenis produk yang diproduksi di setiap *batch*. Cara ini membantu untuk melihat produk apa yang harus diprioritaskan sesuai dengan permintaan pelanggan

- *Leveling by Type*

menambahkan urutan berbeda dari produk apa yang diproduksi di setiap *batch*. Cara ini mempertahankan variasi produk yang dibutuhkan untuk diproduksi secara mingguan atau bulanan

Contoh Heijunka

Sebuah perusahaan garmen memproduksi berbagai jenis pakaian wanita yang meliputi blus, gaun, dan *coat*. Terdapat 100 permintaan produk dalam sebulan. Proses produksi berlangsung dari hari Senin sampai Jumat selama 6 jam per hari. Setiap produk membutuhkan waktu 1 jam untuk selesai dalam produksi.



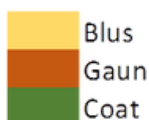
Gambar 5.7 Contoh *Demand* Produksi

Dalam produksi manufaktur pada umumnya mereka bermaksud memproduksi produk dalam *batch* dan memprioritaskan produksi produk dengan permintaan yang lebih tinggi. Yang akan mereka lakukan adalah memproduksi blus sampai memenuhi permintaan bulanan, kemudian melanjutkan ke item berikutnya dalam antrean.

Timeline produksi akan terlihat seperti ini:

Tabel 5.1 *Timeline* Produksi Bulanan

Hour	Day																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Coat	Coat	Coat	Coat		
2	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Coat	Coat	Coat	Coat		
3	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Coat	Coat	Coat	Coat		
4	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Coat	Coat	Coat	Coat		
5	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Coat	Coat	Coat	Coat		
6	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Blus	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Gaun	Coat	Coat	Coat	Coat		



Dalam proses produksi seperti ini, mereka melihat masalah dalam hal permintaan pelanggan. Apa yang akan mereka lakukan jika pelanggan memesan 1 blus, 1 gaun, dan 1 jas?

Pada *timeline* produksi jenis ini, pelanggan bisa mendapatkan pesannya pada hari ke 15 karena produksi *coat* akan dimulai pada hari ke 15. Selain itu, bagaimana jika permintaan *coat* meningkat karena perubahan cuaca?

Dengan menerapkan konsep Heijunka yang bertujuan untuk meratakan produksi, alih-alih memproduksi produk secara *batch* berdasarkan permintaan bulanan, mereka membaginya menjadi produksi mingguan dan menciptakan variasi produk dalam seminggu untuk mempertahankan permintaan pelanggan setiap minggu.



Gambar 5.9 Contoh *Demand Heijunka* Mingguan

Sehingga, timeline produksi menjadi:

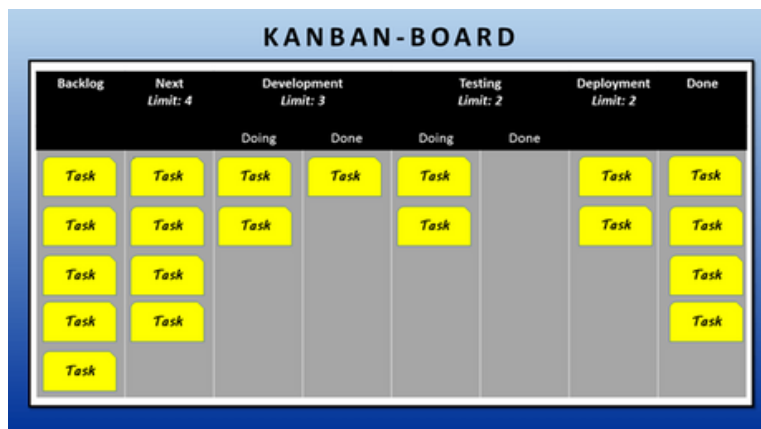
Tabel 5.2 *Timeline* Produksi Mingguan

Hour	Day																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Blus			Gaun	Coat			Gaun	Coat			Gaun	Gaun			Gaun	Coat			
2			Gaun	Gaun	Coat			Gaun	Coat			Gaun	Coat			Gaun	Coat			
3			Gaun	Gaun			Gaun	Coat			Gaun	Gaun				Gaun	Coat			
4			Gaun	Coat			Gaun	Gaun			Gaun	Coat				Gaun	Coat			
5			Gaun				Gaun	Coat			Gaun	Gaun				Gaun	Coat			
6			Gaun	Coat			Gaun	Coat			Gaun	Gaun			Gaun	Coat				



Dengan melakukan ini, tim dapat menghasilkan pesanan pelanggan 1 blus, 1 gaun, dan 1 jas pada hari ke 4, sedangkan pada kasus sebelumnya dapat dikirimkan pada hari ke 15. Sebaliknya, jika permintaan berubah di minggu-minggu berikutnya, mereka dapat dengan mudah mengubah jalur produksi dan membuat rangkaian produk baru yang akan diproduksi berdasarkan tren dan permintaan pelanggan.

d. Kanban



Gambar 5.10 Papan *Kanban*

Kanban adalah sistem penjadwalan Jepang yang sering digunakan bersamaan dengan lean production dan JIT. Taiichi Ohno, seorang insinyur industri di Toyota, mengembangkan kanban dalam upaya meningkatkan efisiensi produksi.

Sistem Kanban menyoroti area masalah dengan mengukur *lead* dan waktu siklus di seluruh proses produksi, yang membantu mengidentifikasi batas atas *inventory* barang dalam proses untuk menghindari kelebihan kapasitas.

Melalui Kanban, perusahaan dapat memvisualisasikan alur kerja dan pekerjaan aktual. Tujuan Kanban adalah untuk mengidentifikasi potensi kemacetan dalam proses produksi dan kemudian memperbaikinya.

Sistem Kanban idealnya mengontrol seluruh rantai nilai dari hulu ke hilir. Cara ini dapat membantu menghindari adanya gangguan pasokan dan kelebihan stok barang di berbagai tahap proses produksi.



Terdapat beberapa tipe Kanban, antara lain:

- Kanban Bahan Baku
memberitahu pemasok untuk mengirim berapa banyak item tertentu ke tempat tertentu.
- *In-Process* Kanban
menentukan jumlah WIP (Pekerjaan Dalam Proses) yang dapat disimpan antara dua operasi dalam suatu proses

- Kanban Barang Jadi
menentukan jumlah produk yang akan disimpan di tangan pada waktu tertentu. Penghapusan bahan dari Kanban Barang Jadi bertindak sebagai sinyal untuk produk yang akan diproduksi.

Jenis Sinyal Kanban

- Sebuah jumlah yang dihitung dari bahan disimpan dalam ruang yang ditunjuk, seperti bin atau di antara garis-garis pada meja kerja atau di lantai
- Kartu yang digunakan untuk memberitahu jumlah bahan yang akan dibuat atau dipesan
- Tanda pada bin yang menentukan ketika material lebih lanjut perlu dipesan atau dibuat
- Setiap sinyal visual lainnya jelas yang menunjukkan saatnya untuk mendapatkan materi tambahan

Bagaimana Kanban Bekerja:

Raw Material Kanban

1. Semua bagian digunakan untuk memproduksi produk tertentu diidentifikasi serta jumlah yang digunakan dalam setiap produk.
2. *Lead time* dihitung, yaitu jumlah waktu yang diperlukan untuk bagian yang akan dipesan dan dikirimkan.
3. Permintaan untuk produk selama jangka waktu tertentu kemudian ditentukan
4. Jumlah bagian yang digunakan dalam produk dikalikan dengan jumlah produk yang diminta lebih lamanya waktu yang dibutuhkan untuk memesan dan menerima bagian.
5. Tujuannya adalah untuk memesan komponen pada titik ketika jumlah material yang di tangan mencapai jumlah yang akan digunakan selama waktu yang dibutuhkan untuk memesan dan mendapatkan bagian yang diperlukan disampaikan. Biasanya, karena variabilitas dalam *lead time*, jumlah bagian mengatur kembali terjadi biasanya sedikit lebih dari jumlah bagian yang diperlukan untuk menutupi waktu pemesanan memimpin. Sinyal umum digunakan sebagai Kanban termasuk dua sistem memasok bin dan sistem kartu

Work in Process Kanban

Satu aliran produk dimana tanpa *tool* Kanban telah menjadi suatu produksi yang ideal. Namun salah satu potongan aliran menuntut garis manufaktur sangat seimbang, yang berarti bahwa setiap stasiun proses menggunakan sekitar jumlah yang sama waktu untuk melakukan pekerjaan yang diperlukan. Karena hal tersebut tidak mungkin, Kanban digunakan untuk membantu mengelola arus.



1. Hitung waktu proses di setiap stasiun.
2. Ketika satu stasiun harus mengambil waktu jauh lebih banyak untuk melakukan tugasnya dari stasiun sebelumnya, Kanban diletakkan di *batching* untuk menjaga material tetap seminimal mungkin. Biasanya, jika stasiun mengambil dua kali lebih lama sebagai stasiun sebelumnya, setengah kanban lagi ukuran diletakkan di tempat. Hal ini memungkinkan orang tersebut sebelumnya ke stasiun mana pekerjaan telah berkumpul untuk membantu orang di stasiun kerja lebih intensif.

Work in Process Kanban



- Permintaan untuk produk tertentu dilacak dari waktu ke waktu.
- Berdasarkan permintaan, safety stock dihitung, yang merupakan jumlah produk untuk ada di tangan untuk memenuhi pesanan yang paling dalam jendela waktu tertentu (misalnya satu hari atau seminggu).

- Berdasarkan permintaan tersebut, kemudian dihitung berapa banyak produk perlu dibuat per hari. Hal ini dikenal sebagai takt time (*takt* adalah Jerman untuk irama).
- *Finished good* Kanban ditetapkan di wilayah pengiriman dengan jumlah produk yang telah ditentukan sebagai stok pengaman diperlukan.
- Ketika perintah diisi dengan menarik produk dari *finished good* Kanban, sinyal, seperti bin atau kartu, akan dikirim ke lantai manufaktur. Itu sinyal memberitahu produksi untuk melengkapi jumlah produk yang dibutuhkan untuk mengisi Kanban Barang Jadi . Jumlah produk yang diperlukan dihitung dengan menggunakan waktu *takt*.
- Asumsinya adalah bahwa produksi memiliki kapasitas untuk membuat jumlah yang diperlukan produk dalam waktu yang dibutuhkan untuk menjaga *finished good* Kanban diisi.

Penentuan data untuk sirkulasi kanban:



- Jumlah Kanban yang beredar antara sumber pasokan dan sumber permintaan
- Kuantitas bahan per kanban

Jumlah Kanban serta kuantitas kanban didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

- ·Konsumsi rata-rata
- ·Pengisian memimpin waktu untuk kanban
- ·Fluktuasi dalam konsumsi dan *lead time* pengisian

Satu hal yang penting dilakukan oleh perusahaan adalah menentukan jumlah kanban yang harus disuplai ke suatu sistem produksi dalam suatu periode tertentu. Hal ini diperlukan, mengingat jumlah kanban akan berpengaruh langsung terhadap tingkat persediaan dalam sistem.

Penentuan jumlah kanban harus dilakukan setiap ada proses penjadwalan produksi. Apabila diinginkan untuk meningkatkan jumlah produksi maka dapat dilakukan penambahan Kanban maupun tindakan yang sebaliknya

Perumusan Kanban

a. Kanban dengan jumlah tetap dengan siklus tidak tetap

$$Y = \frac{D \times L (1 + b)}{a}$$

b. Kanban dengan siklus tidak tetap dengan jumlah tidak tetap

$$Y = \frac{D \times (Oc + L + Sp)}{a}$$

Keterangan:

Y = Jumlah Kanban

D = rata-rata permintaan harian

L = waktu pemesanan (hari)

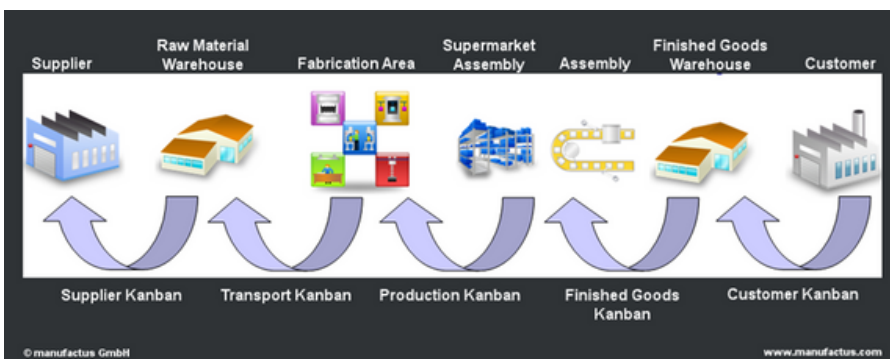
a = ukuran lot

b = koefisien keamanan (dalam kondisi ideal JIT, b = 1)

Oc = Siklus pemesanan

Sp = periode keamanan

Aplikasi Nyata



Gambar 5.11 Pengaplikasian *Kanban*

Integrated Kanban System (IKS)

- IKS adalah solusi perangkat lunak untuk mendukung Sistem Kanban dan panduan untuk memulai dengan Kanban elektronik.
- IKS memungkinkan untuk menerapkan Sistem PULL lengkap dalam rantai suplai anda dengan bantuan prinsip-prinsip Kanban dalam Supply Chain-keseluruhan, dimulai dengan Pemasok, lalu tahap produksi dan terakhir sampai kepada pelanggan.
- IKS tidak hanya software untuk menghitung Kanban dan untuk mencetak kartu, namun juga sangat membantu untuk membuat proses Kanban lebih mudah, lebih cepat dan pada akhirnya lebih baik.

Dengan menerapkan sistem Kanban dengan dukungan IKS, hasil berikut ini telah dicapai:

1. Pengurangan persediaan sekitar 20 - 80%
2. Pengurangan *lead time* sekitar 10 - 90%
3. Peningkatan persediaan ternyata sekitar 30 - 100%
4. Peningkatan keandalan pengiriman sampai > 98%
5. Analisis Bagan
6. Pengurangan luas lantai yang dibutuhkan sekitar 10 - 80%
7. Meningkatkan ketersediaan bahan hingga 100%
8. Pengurangan garis-penghentian turun ke 0%
9. Peningkatan produktivitas sekitar 10 - 50%

Berikut adalah contoh soal dan perhitungan dari Kanban:

Kanban adalah Bahasa Jepang yang berarti "Kartu Visual". Dalam kartu Kanban terdapat beberapa informasi seperti nama supplier, lokasi simpan barang, atau dimana part tersebut dibutuhkan. Kartu Kanban biasanya di letakkan di bawah kontainer part. Berikut adalah contoh dari kartu Kanban

STORE ADDRESS 1 57-B-NB		KANBAN NO N762		LINE SIDE ADDRESS 2W-10-3							
PART NO 22020-03011-00		ROUTE F-1		GROUP CODE							
SUPPLIER NIPPONDENSO PURDENSEO 1950-5		Store Sheet No. 5E215 Item Back No. A2-15		Preceding Process Forging B-2							
		Item No. 35670507									
		Item Name Drive Pinion									
		Car Type SXS013C		Subsequent Process Machining M-6							
		<table border="1"> <tr> <th>Box Capacity</th> <th>Box Type</th> <th>Issued No.</th> </tr> <tr> <td>20</td> <td>B</td> <td>418</td> </tr> </table>		Box Capacity	Box Type	Issued No.	20	B	418		
Box Capacity	Box Type	Issued No.									
20	B	418									

Gambar 5.12 Contoh Kartu Kanban



Gambar 5.13 Kartu Kanban pada Container

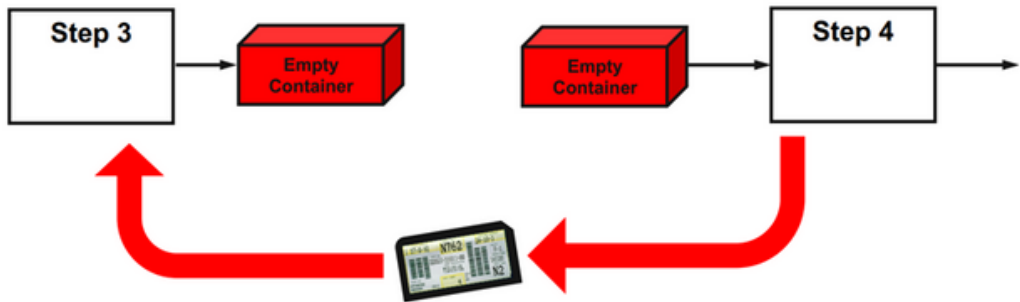
Berikut adalah contoh penggunaan kartu Kanban tunggal:



Gambar 5.14 Penggunaan Kartu Kanban Tunggal

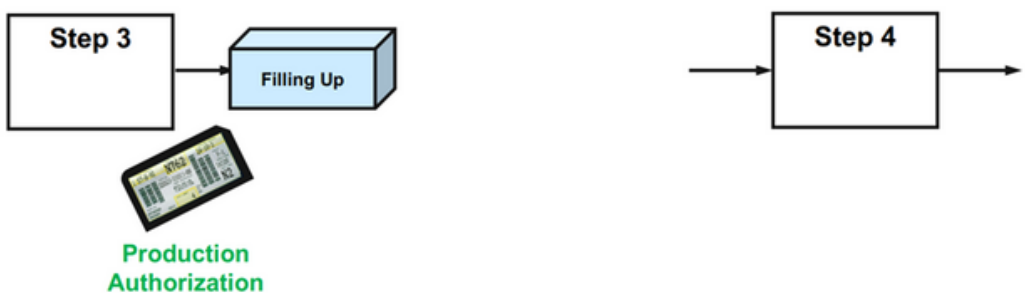
Terdapat stasiun kerja *step 3* dan *step 4* dan tempat penyimpanan yaitu kontainer merah dan biru. *Step 4* merupakan *step* akhir sebelum menjadi produk jadi.

Ketika proses dari step 3 selesai, part akan di masukkan pada container (output step 3) menuju container satunya (sebagai input step 4). Saat kontainer kosong, *step 4* akan mengirmkan kartu Kanban kepada *step 3* untuk meminta sejumlah material/*part*/produk setengah jadi seperti gambar dibawah ini.



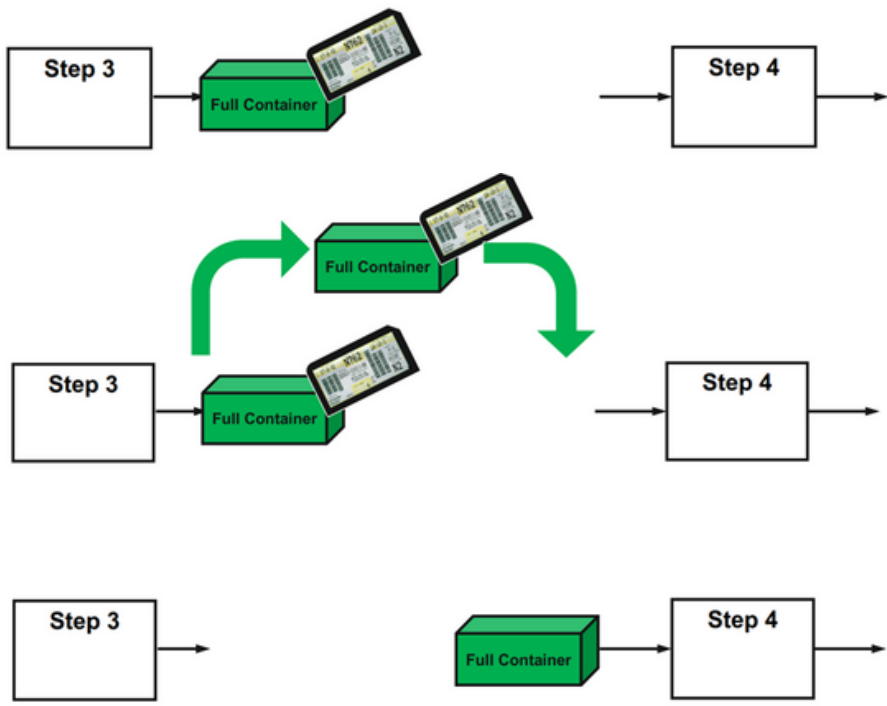
Gambar 5.15 Kartu Kanban untuk Produk setengah jadi

Ketika permintaan diberikan kepada *step 3*, *step 3* akan mulai produksi untuk menghasilkan permintaan *step 4*. Sehingga, kontainer terisi.



Gambar 5.16 Kartu Kanban *Step 3* dan *Step 4*

Ketika permintaan diberikan kepada *step 3*, *step 3* akan mulai produksi untuk menghasilkan permintaan *step 4*. Sehingga, kontainer terisi.



Gambar 5.17 Alur Kartu Kanban

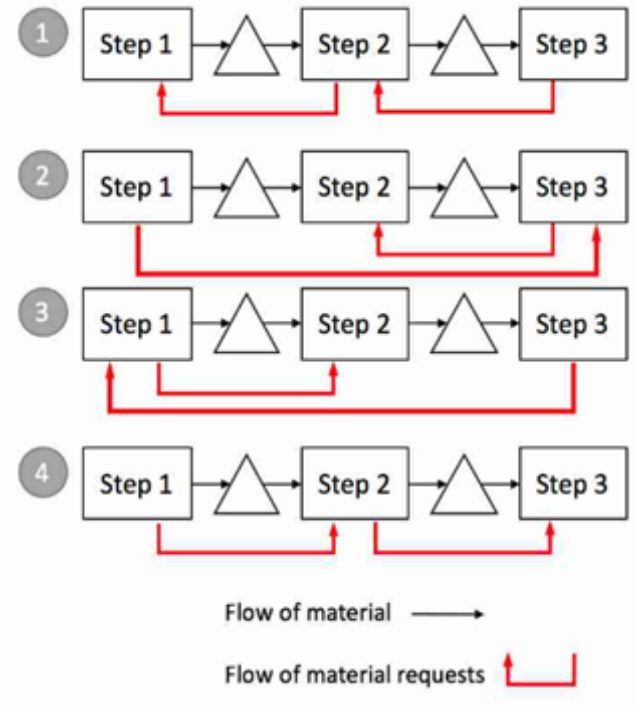


Soal-Soal Latihan

- 1. Berbeda dengan Just in Time (JIT), Material Requirement Planning (MRP) rilis jadwal berdasarkan**
 - a. status barang dalam proses (WIP) yang diperoleh dari operasi hulu**
 - b. memproduksi hanya apa yang dibutuhkan, ketika dibutuhkan, dalam jumlah yang dibutuhkan, dan menerapkannya di seluruh produksi**
 - c. tingkat persediaan bahan di stasiun kerja, penjadwalan produksi jika persediaan mendekati nol**
 - d. permintaan aktual atau perkiraan: Sistem Dorong.**

- 2. Konsep produksi Just-In-Time sebagai salah satu elemen kunci kontrol kuantitas dalam Lean Production membantu mencapai semua hal berikut KECUALI?**
 - a. Mengurangi jumlah inventory tambahan apa pun dalam sistem, tidak hanya dari produk akhir, tetapi juga upstream yang sedang berjalan, termasuk Work-In-Progress (WIP) dan buffer stock**
 - b. Maksimalkan jumlah output pada setiap operasi**
 - c. Kurangi waktu tunggu, yang meningkatkan aliran berkelanjutan**
 - d. Identifikasi cepat masalah proses, yang mengarah ke proses yang lebih baik dan variabilitas yang lebih sedikit**

3. Lihatlah sketsa alur proses di bawah ini: panah merah melambangkan aliran permintaan material. Alur proses mana yang benar untuk sistem Pull?



- a. 1
 b. 2
 c. 3
 d. 4
4. Berapa takt time untuk shift kerja harian 10 jam dengan istirahat makan siang 48 menit, ketika permintaan pelanggan adalah 520 unit per hari?
- a. 63,7 detik
 b. 50,14 detik
 c. 99,0 detik
 d. 84,7 detik

5. Dari aliran proses di bawah ini, manakah pernyataan yang tepat tentang step 3?



- a. Langkah 3 akan mengikuti takt pelanggan dan menyampaikan permintaan eksternal saat masuk
- b. Langkah 3 adalah hilir sumber daya terjauh dan hanya akan memproduksi ketika material didorong dari Langkah 2
- c. Langkah 3 adalah sumber daya terjauh di hulu, terjauh dari pasar
6. Pertimbangkan situasi berikut:
Permintaan adalah 7500 kendaraan per bulan
Ada 25 hari kerja per bulan.
Ada 2 shift sehari, dan
6 jam per shift
Berapakah nilai takt time?
- a. 2,85 menit
- b. 1,47 menit
- c. 2,25 menit
- d. 2,40 menit
7. Berapakah flow rate dalam unit/menit?
- a. 1,12 unit/menit
- b. 0,47 unit/menit
- c. 0,84 unit/menit
- d. 0,42 unit/menit

- 8. Pilih pernyataan yang benar tentang pengendalian inventaris dalam sistem Kanban dari bawah. Pilih satu jawaban saja.**
- a. Mudah dikelola, karena stok menumpuk terus menerus.**
 - b. Hanya satu wadah penuh yang diproduksi atau dipindahkan dalam satu waktu.**
 - c. Selalu ada lebih banyak inventory di antara dua sumber daya daripada yang diizinkan oleh kartu Kanban**
 - d. Sejumlah wadah dan kanban tertentu digunakan: mulai dari yang rendah, meningkat bertahap.**
- 9. Manakah dari pernyataan berikut ini yang benar ketika menerapkan pendekatan JIT kepada pemasok? Pilih satu jawaban saja.**
- a. Perlu ada kurangnya kerjasama dan berbagi informasi antara perusahaan dan pemasoknya**
 - b. Perlu ada informasi bersama antara perusahaan dan pemasoknya untuk saling menguntungkan dan menemukan kompromi**
 - c. Pemasok seharusnya tidak menggunakan JIT melainkan menyiapkan inventaris eksekutif**

The background is a solid blue color. At the top and bottom, there are horizontal rows of small, light blue circles. On the left and right sides, there are large, overlapping, semi-transparent blue circles of various shades. In the top right and bottom left corners, there are stylized blue arrows pointing to the right, composed of a solid blue triangle and a white outline triangle.

LEAN PRODUCTION

Wildanul Isnaini