

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

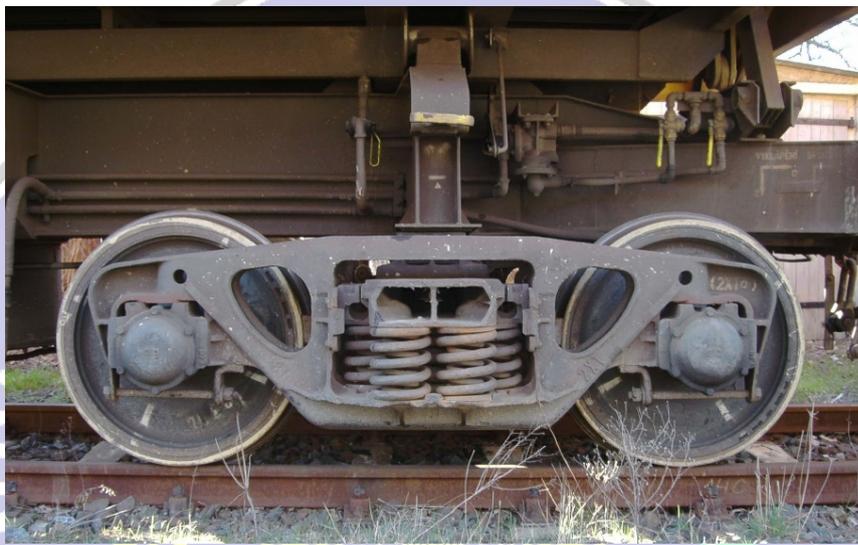
2.1. Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Muhammad Zehan Irfanda pada bulan Agustus tahun 2020 yang berjudul “Perbaikan Proses Fabrikasi Bogie Proyek LRT Jabodebek PT INKA Menggunakan *Lean Manufacturing*”. Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah kesalahan perhitungan kebutuhan material, keterlambatan merilis *Manufacturing Drawing* (MD), ketidaksesuaian hasil proses dengan *drawing*, kesalahan spesifikasi material, kapasitas mesin *overload*, kerusakan material, hingga keterlambatan material. Metode yang digunakan yaitu dengan membuat *time based process mapping* untuk membantu identifikasi pemborosan yang akan menggunakan *root cause analysis* yaitu *cause-and-effect* diagram dan *five whys*. Selanjutnya dilakukan lean assessment yang menghasilkan pemborosan kritis yaitu *waiting*, *over processing*, dan *over production*.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Alkalifa Mustafa Koniago pada bulan desember tahun 2020 dengan judul “Analisis Ketahanan Fatik Sambungan Las Pada Rangka Bogie *Light Rapid Transit* (LRT) Menggunakan Metode Elemen Hingga”. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan perangkat lunak *CATIA Simulia V6* untuk membangun model solid geometri rangka bogi skala penuh dan geometri potongan bogi tanpa las maupun dengan las. Setelah itu simulasi pembebanan statik pada geometri rangka bogie skala penuh tanpa las yang bertujuan untuk menemukan titik kritis pada rangka bogi, bagian kritis akan dipotong untuk disimulasikan di perangkat lunak *ANSYS Workbench 2018*. Pada perangkat lunak *ANSYS*, simulasi statik dan transien pada geometri potongan rangka bogie tanpa las dan dengan las. Tipe analisis yang digunakan berupa analisis statik dan analisis fatik (kelelahan). Analisis statik dilakukan untuk menemukan titik kritis pada rangka bogi skala penuh, sedangkan analisis kelelahan (fatigue) dilakukan untuk mengetahui umur siklus sambungan las yang digunakan sampai terjadi kegagalan pada sambungan las.

2.2. Bogie

Bogie berfungsi untuk menyangga gerbong kereta, meningkatkan stabilitas pada trek melengkung maupun trek lurus meningkatkan kualitas berkendara dengan menyerap getaran dan meminimalisir dampak gaya sentrifugal saat bergerak dengan kecepatan tinggi pada trek melengkung, dan mengurangi terbentuknya kerusakan rel dan abarsi pada rel. Bogie adalah sebuah casing atau rangka yang menjadi dudukan *wheelset*, dengan menggunakan *bearing*.



Gambar 2.1 Bogie tipe Bettendorf "Three Piece Bogie".



Gambar 2.2 Bogie memungkinkan *wheelset* mengikuti arah profil rel pada rel lengkung dengan lebih *flexibel*.

Biasanya, dua bogie dipasang pada tiap gerbong, kereta atau lokomotif, satu di setiap ujung. Konfigurasi lain sering digunakan pada kendaraan berartikulasi, yang menempatkan bogie di bawah sambungan antar gerbong atau kereta. Sebagian besar bogie memiliki dua gandar, tetapi beberapa gerbong yang

dirancang untuk beban berat memiliki wheelset yang lebih banyak per bogie. Gerbong muatan berat seringkali memiliki lebih dari dua bogie.

Umumnya, rantai kereta berada di atas bogie, tetapi rantai kereta mungkin lebih rendah di antara bogie, seperti pada gerbong bilevel-rail untuk menambah ruang interior tanpa mengurangi ketinggian. Komponen utama bogie meliputi:

1. Struktur bogie, jenis struktur dalam dimana struktur utama dan bantalan berada di antara roda, atau (lebih umum) dari jenis struktur luar dimana struktur utama dan bantalan berada di luar roda.
2. Suspensi untuk menyerap getaran antara bogie dan *carbody*. Umum adalah pegas koil dan airbag karet.
3. Setidaknya satu *wheelset*, terdiri dari gandar dengan bantalan dan roda pada tiap ujungnya.
4. *Bolster* terhubung pada struktur bogie melalui suspensi sekunder. Gerbong atau kereta ditopang pada titik pivot (upper center plate dan center pin) pada bolster.
5. Suspensi *axlebox* menyerap getaran antara bantalan gandar dan struktur bogie. *Box suspension* pada *axlebox* biasanya terdiri dari pegas antara struktur bogie dan bantalan gandar untuk memungkinkan gerakan naik-turun, dan slider untuk mencegah gerakan lateral.
6. Sambungan bogie dengan *carbody* memungkinkan gerakan rotasi tertentu pada poros sumbu vertikal (guling), dengan bantalan samping mencegah gerakan berlebih. Desain bogie *bolsterless* yang lebih modern menghilangkan fitur-fitur ini, memanfaatkan gerakan lateral dari suspensi untuk memungkinkan gerakan rotasi.

2.3. Kereta Api KAI

Kereta api ekonomi adalah kelas kereta penumpang di bawah kelas bisnis dalam pelayanan oleh PT Kereta Api Indonesia. Kelas ekonomi pada pengoperasiannya banyak yang memanfaatkan Subsidi berdasarkan kesepakatan PSO (*public service obligation*) (kebijakan Pemerintah dalam hal subsidi moda transportasi bagi masyarakat).



Gambar 2.3 Kereta Kelas Ekonomi.

Kecepatan maks. : 120 km / jam
 Lebar sepur : 1.067 mm
 Beban gandar : 14 ton
 P/L/T kereta : 20.920 mm / 2.990 mm / 3.610 mm
 Bogie : TB-1014
 Sistem pengereman : *Air brake*
 Coupler Device : *Automatic Coupler, AAR 10A*



Gambar 2.4 Kereta Kelas Ekonomi Premium.

Kecepatan maks. : 120 km / jam
 Lebar sepur : 1.067 mm

Beban gandar	: 14 ton
P/L/T kereta	: 20.920 mm / 2.990 mm / 3.610 mm
Tinggi coupler	: 775 (+10/-0) mm
Bogie	: TB-1014
Sistem pengereman	: <i>Air brake</i>
<i>Coupler Device</i>	: <i>Automatic Coupler, AAR 10A</i>

Kereta api Eksekutif mengawali sejarahnya pada saat peluncuran Kereta api Parahyangan, serta kemajuannya dimulai pada saat diluncurkannya Kereta api Bima dengan rangkaian Kereta Tidur Kelas 1 dan 2. Dahulu, ada 2 pelayanan kelas Eksekutif (+ 3 khusus kereta api Bima), yakni Kereta tidur Kelas 1 (SAGW), Kereta tidur Kelas 2 (SBGW), Kereta Kuset, Eksekutif A, dan Eksekutif B. Namun sekarang, Kereta eksekutif dibagi menjadi tiga, yaitu kereta kelas argo, kelas satwa, dan kelas campuran.

Kereta api ini pada umumnya ditarik lokomotif besar seperti CC201, CC203, dan CC204. Namun kini, CC206 ditugaskan untuk menggantikan lokomotif-lokomotif tersebut semenjak CC204 mulai berdinis di Sumatra Selatan.



Gambar 2.5 Kereta Kelas Eksekutif.

Kecepatan maks.	: 120 km/jam
Lebar sepur	: 1.067 mm

Beban gandar	: 14 ton
P/L/T kereta	: 20.920 mm / 2.990 mm / 3.610 mm
Bogie	: TB-1014
Sistem pengereman	: <i>Air brake</i>
<i>Coupler Device</i>	: <i>Automatic Coupler, AAR 10A</i>

Pada tanggal 9 Februari 2018, PT KAI dan PT INKA Madiun menguji coba satu set kereta api eksekutif terbaru produksi 2018. Kereta api eksekutif plus tersebut memiliki eksterior berbahan dasar *stainless steel* dengan *livery*-nya hampir sama seperti bentuk spektrum elektromagnetik gelombang berupa tiga guratan lengkung pada bagian kiri dan kanan. Baris paling atas berwarna jingga, sedangkan dua baris guratan di bawahnya berwarna abu-abu. Saat ini, Posisinya di Trainset Kedua K1 2018 yang telah digunakan untuk kereta api Argo Parahyangan Tambahan (JAKK) Setelah KA Tawang Jaya Premium K3 2018 Trainset Pertama (Nomor Gerbong tidak Teratur pada trainset eksekutif, premium plus maupun dikobinasi eksekutif dan premium plus).



Gambar 2.6 Kereta Eksekutif Stainless Steel.

Kecepatan maks. operasional	: 120 km / jam
Lebar sepur	: 1.067 mm

Beban gandar maks.	: 15 ton
P/L/T kereta	: 20.920 mm / 2.990 mm / 3.815 mm
Tinggi lantai dari atas rel	: 1.000 mm
Material <i>carbody</i>	: <i>Stainless Steel</i>
Kapasitas penumpang per kereta	: 50 penumpang

Dengan berlakunya Peraturan Menteri Perhubungan No. KM 45 Tahun 2010, penomoran diubah. Semua gerbong menggunakan format penomoran K1 x yy zz. Artinya, K1 adalah gerbong eksekutif, x adalah jenis penarik: 0 untuk lokomotif, 1 untuk Kereta Rel Listrik, 2 untuk Kereta Rel Diesel Elektrik, serta 3 untuk Kereta Rel Diesel Hidraulik; yy adalah tahun operasi, dan zz adalah nomor urut operasi. Misalnya, K1 0 18 01 JAKK, artinya kereta eksekutif ini ditarik lokomotif (0), mulai operasi tahun 2018 (18), dan nomor urut dinas adalah 01, serta diikuti oleh dua, tiga sampai empat huruf alfabet yang menandakan kepemilikan dipo, dalam hal ini, Jakarta Kota (JAKK).

Mulai pertengahan Desember 2016, penomoran seluruh kereta eksekutif retrofit diubah mengikuti nomor pada saat menjadi kereta api kelas Bisnis. Contohnya pada K1 0 15 04 CN yang merupakan rehab dari K2 0 86 xx, sekarang penomorannya menjadi K1 0 86 17 CN.

1. Kereta penumpang Kelas Eksekutif (K1)
2. Kereta Penumpang Kelas Bisnis AC (K2)
3. Kereta Penumpang Kelas Ekonomi AC (K3)
4. Kereta Makan (M)
5. Kereta penumpang + Kereta Makan (KM)
6. Kereta Penumpang + Kereta Makan + Kereta Pembangkit (KMP)
7. Kereta Penumpang + Kereta Pembangkit (KP)
8. Kereta makan dan pembangkit (MP)
9. Kereta Pembangkit Listrik (P)
10. Kereta Bagasi (B)

Untuk eksekutif ditambahkan huruf dan angka A dibelakangnya Atau 1 dibelakangnya, bisnis 2, dan ekonomi 3. Kereta bagasi tidak ditambahkan. Semua

kereta pembangkit (P) adalah kelas eksekutif dan semua kereta Makan dan pembangkit listrik (KMP) adalah kelas ekonomi.

2.4. *Lean Production System*

Lean manufacturing atau *lean production* adalah metode sistematis yang berasal dari industri manufaktur Jepang untuk meminimalkan pemborosan (駄駄 *MUDA*) dalam sistem manufaktur tanpa mengorbankan produktivitas, yang dapat menyebabkan masalah. *Lean* juga memperhitungkan pemborosan akibat kelebihan beban kerja (無理 *MURI*) dan ketidakrataan beban kerja (斑 *MURA*). Bekerja dari perspektif pengguna produk atau layanan, "nilai" adalah tindakan atau proses apa pun yang pengguna bersedia membayarkan.

Lean manufacturing berupaya memperjelas apa yang memberi nilai tambah, melalui mengurangi yang lainnya (karena itu bukan nilai tambah). Filosofi manajemen ini sebagian besar berasal dari *Toyota Production System* (TPS) dan yang diidentifikasi sebagai "*lean*" pada 1990. TPS terkenal dengan fokusnya pada pengurangan tujuh pemborosan untuk meningkatkan nilai secara keseluruhan, tetapi ada berbagai perspektif tentang cara ini dicapai dengan terbaik. Pertumbuhan Toyota yang stabil, dari perusahaan kecil hingga produsen mobil terbesar di dunia, memusatkan perhatian pada bagaimana Toyota mencapai keberhasilan ini.

Istilah *lean* pertama kali diciptakan oleh John Krafcik dalam artikelnya tahun 1988, "Triumph of the Lean Production System", berdasarkan tesis masternya di MIT Sloan School of Management. Krafcik telah menjadi *quality engineer* di perusahaan Toyota-GM NUMMI di California sebelum bergabung dengan MIT untuk studi MBA. Penelitian Krafcik dilanjutkan oleh International Motor Vehicle Program (IMVP) di MIT, yang menghasilkan buku *international best-seller* yang ditulis bersama oleh James P. Womack, Daniel Jones, dan Daniel Roos berjudul *The Machine That Changed the World*. Sebuah catatan lengkap sejarah IMVP dan bagaimana istilah "*lean*" diciptakan oleh Holweg (2007).

Bagi banyak orang, *lean* adalah seperangkat "teknik konket" yang membantu dalam identifikasi dan perbaikan pemborosan secara konstan. Ketika

pemborosan dihilangkan, kualitas meningkat dan waktu-biaya produksi berkurang.

Ada pendekatan kedua untuk *lean manufacturing*, yang dipromosikan oleh Toyota, disebut *The Toyota Way*, dimana berfokus pada peningkatan "aliran" atau kelancaran pekerjaan, dengan demikian terus menghilangkan MURA melalui sistem. Teknik untuk meningkatkan aliran meliputi perataan produksi, sistem tarik (dengan *kanban*). Ini adalah pendekatan yang secara fundamental berbeda dari kebanyakan metodologi perbaikan, dan membutuhkan ketekunan yang jauh lebih besar dibandingkan pengaplikasian teknik-teknik konkret, yang mungkin menjelaskan kurangnya popularitas pendekatan ini.

Baik *lean* dan TPS (*Toyota Production System*) dapat disimpulkan sebagai serangkaian prinsip dengan tujuan pengurangan biaya dengan menghilangkan pemborosan. Prinsip-prinsip ini meliputi: sistem tarik, *perfect first-time quality*, minimisasi pemborosan, perbaikan terus-menerus, fleksibilitas, membangun dan mempertahankan hubungan jangka panjang dengan pemasok, otomatisasi, perataan beban-aliran produksi dan kontrol visual.

Pandangan Toyota adalah bahwa metode utama *lean* bukanlah teknik konkret, tetapi pengurangan tiga jenis pemborosan, untuk mengidentifikasi masalah secara sistematis dan menggunakan teknik konkret dimana kondisi ideal tidak mungkin dapat dicapai. Dari perspektif ini, teknik konkret adalah solusi yang diadaptasikan dengan situasi yang berbeda, sehingga adanya inkohistensi dari prinsip-prinsip di atas.

Lean bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan menyederhanakan struktur operasional, cukup untuk memahami, melakukan, dan mengelola lingkungan kerja. Untuk mencapai ketiga tujuan ini secara bersamaan, salah satu metodologi pembinaan Toyota (secara longgar disebut senior (先輩 senpai) dan junior (後輩 kōhai)), dapat digunakan untuk mendorong pemikiran *lean* di seluruh struktur organisasi dari bawah ke atas. Setara terdekat dengan proses mentoring Toyota adalah konsep "*Lean Sensei*," yang mendorong perusahaan, organisasi, dan tim untuk mencari ahli pihak ketiga yang dapat memberikan saran dan pelatihan.

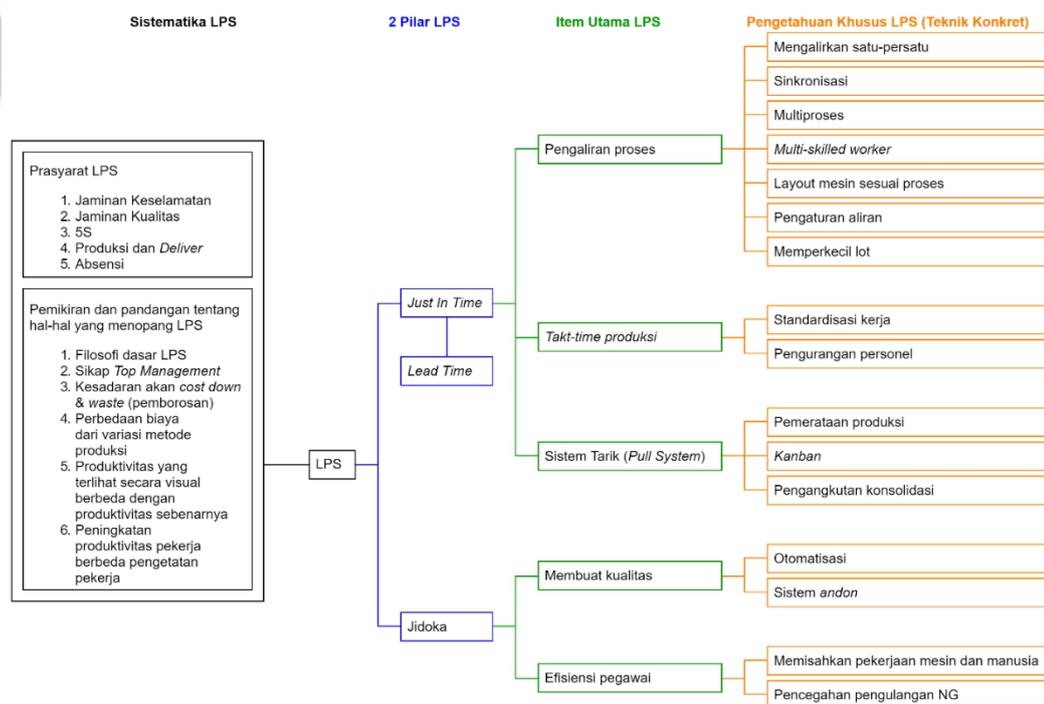
Pada tahun 1999, Spear dan Bowen mengidentifikasi empat aturan yang menjadi ciri "DNA Toyota":

1. Semua pekerjaan harus dispesifikasikan konten, urutan, waktu, dan hasilnya.
2. Setiap relasi pelanggan-pemasok harus langsung, dan harus adanya cara yang tidak ambigu, *yes-no way*, untuk menyampaikan permintaan dan menerima respon.
3. Lini untuk setiap produk dan layanan harus sederhana dan langsung.

Setiap perbaikan harus dilakukan sesuai dengan metode ilmiah, di bawah bimbingan seorang guru, pada tingkat serendah mungkin dalam organisasi.

2.4.1. Sistematika *Lean Production System*

Kata "Lean" pada *Lean Production System* berarti "ramping", Dengan kata lain *Lean* adalah sistem produksi yang dicirikan oleh sifat atau kondisi yang ramping dan lincah. *Gambar 2.7* memperlihatkan bagan sistematika *Lean*.



Gambar 2.7 Sistematika Lean Production System.

Gambar 2.7 memetakan sistematika *Lean* mulai dari prasyarat dan pandangan serta pemikiran tentang hal-hal yang menopang *Lean*; pilar pendukung *Lean* yaitu *Just in Time* dan *jidoka*; komponen utama *Lean* seperti proses yang mengalir, konsep *takt-time*, sistem "tarik", membuat "mutu" serta efisiensi pegawai; hingga teknik-teknik khusus yang digunakan dalam *Lean* seperti minimasi ukuran lot, kerja standar, standar kerja, kanban, dan lain-lain.

Prasyarat *Lean* mengindikasikan bahwa ada syarat-syarat yang harus dipenuhi sebelum pelaksanaan *Lean*. Hal ini berarti bahwa pada saat menerapkan *Lean* di pabrik, kondisi level pengelolaan pabrik harus memenuhi prasyarat-prasyarat yang telah ditentukan. Seluruh pegawai termasuk manajemen puncak (*top management*) yang turut serta dalam aktivitas *kaizen* harus memahami cara pandang dan pemikiran tentang *Lean* serta sepakat dan bekerja sama untuk melaksanakannya.

Kata *Lean* berarti ramping seperti bilamana kita mengungkapkan keadaan badan. Dalam hal ini ramping berarti proses produksi yang tidak ada kelebihan stok dan tidak ada waktu tunggu yang terbuang sia-sia. Dalam sistem produksi seperti ini, bilamana kecepatan masing-masing proses berbeda, atau terjadi keterlambatan kerja atau kualitas barangnya tidak bagus, atau mesinnya bermasalah maka proses produksi secara keseluruhan akan terhenti.

2.4.2. *Seven Waste* (7 MUDA)

Kegiatan, gerak ataupun kerja yang sama sekali tidak berguna dalam aktivitas produksi, dan segala sesuatu yang tidak memberikan nilai tambah pada produk adalah MUDA dalam proses produksi. Untuk membuat suatu produk memang terdapat berbagai macam kegiatan kerja, tetapi didalamnya sering kali penuh dengan MUDA. Secara ekstrim bahkan, SDM selain pekerja yang berhubungan secara langsung dengan produksi di pabrik, semuanya tidak memberikan nilai tambah. Para staf semuanya tidak memberikan nilai tambah bagi produk.

Di antara para pekerja pun, banyak sekali yang melakukan hal-hal MUDA. Tetapi, tidak ada seorang pun pekerja yang merasa bahwa kegiatan kerja yang dilakukannya adalah MUDA. Para staf pun menganggap pekerjaan mereka

diperlukan dalam mengelola dan mengendalikan pabrik, tidak ada yang menganggapnya suatu MUDA.

Baik pekerja ataupun staf memang berusaha melakukan kegiatan kerja dengan baik, tetapi di dalamnya masih terdapat banyak MUDA yang tidak diperlukan bagi produksi. Di dalam pabrik banyak terdapat barang-barang MUDA (barang-barang yang tidak diperlukan). "MUDA tidak disadari oleh diri sendiri, baik itu pihak manajemen puncak di pabrik, para staf ataupun pekerja". Tentu saja, kalau disadari, pasti sudah dilakukan kaizen.

Pabrik terdiri dari proses yang berjalan dengan adanya kegiatan kerja yang dilakukan pekerja, yaitu pembuatan produk yang memiliki nilai tambah, dan kemudian mengirimkannya ke pelanggan. Bagaimana pun kerasnya kita berusaha, selama kita membiarkan kondisi yang ada tidak berubah, kegiatan kerja ataupun pekerjaan yang tidak memiliki nilai tambah tetap tidak berkurang, tidak hilang, bahkan sebaliknya semakin bertambah. MUDA terdapat di dalam 5M:

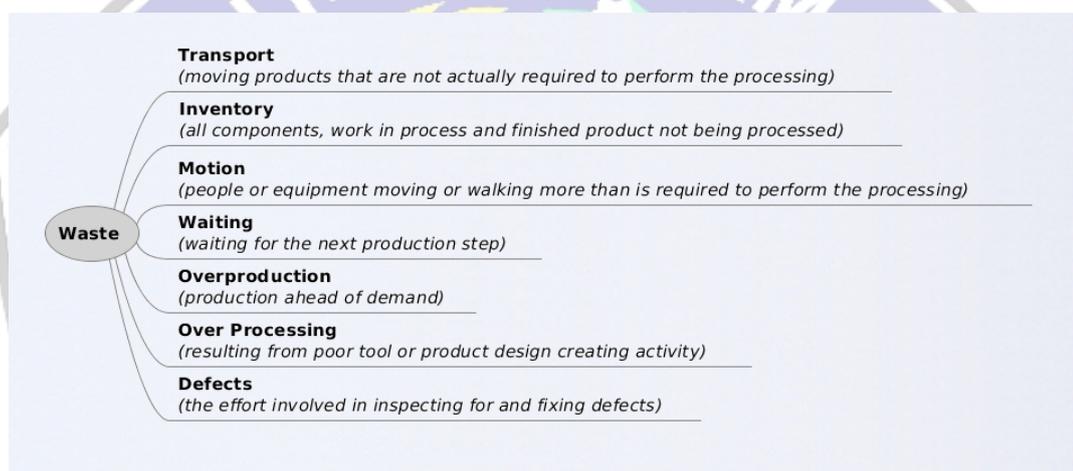
1. *Man*: Kerja, gerak, serta langkah kaki manusia;
2. *Method*: Cara melakukan kegiatan kerja, cara mengalirkan produk, metode pemasangan produk;
3. *Material*: persentase scrap dari material, frekuensi pemotongan, bari (*burr*);
4. *Machine*: layout mesin, kinerja mesin, pergantian perkakas potong, jig ataupun die;
5. *Maintenance*: waktu yang diperlukan untuk memulihkan kerusakan, waktu untuk perawatan, stok sparepart untuk perbaikan.

Cara efektif untuk menemukan muda dari 5M ini adalah Kaizen 5S. MUDA yang dapat dicari dengan 5S akan dapat ditemukan bila kita memiliki semangat dan ambisi untuk mengubah keadaan yang ada. Penggantian perkakas potong mesin, penggantian die, dan sejenisnya merupakan contoh-contoh dari kegiatan kerja yang tidak memiliki nilai tambah, tetapi tidak ada yang menganggapnya sebagai kegiatan kerja yang termasuk di dalam MUDA.

Karena kegiatan-kegiatan kerja tersebut merupakan kegiatan kerja yang diperlukan dan harus ada di dalam proses-proses produksi seperti proses pengolahan dengan mesin, proses press, dan sebagainya. Tetapi, jelas ini merupakan kegiatan kerja yang memakan man-hour yang harus dilakukan dengan

menghentikan mesin dan menghentikan produksi. Berapa pun cepatnya seseorang yang berpengalaman melakukan penggantian perkakas potong, tetap saja waktu pengantiannya tidak bisa menjadi nol. Kegiatan kerja yang tidak memiliki nilai tambah seperti inilah yang sebisa mungkin dipersingkat waktunya.

Kaizen untuk hal-hal yang tidak memiliki nilai tambah, tetapi diperlukan didalam proses produksi masuk di dalam kategori LPS yang merupakan langkah berikutnya dari kaizen 5S. Di tempat kerja produksi (*genba*), ada 7 faktor produksi yang tidak menghasilkan nilai tambah, dan hanya menambah biaya saja: MUDA kelebihan produksi; MUDA menunggu; MUDA transportasi; MUDA proses; MUDA stok; MUDA gerakan; MUDA produk NG dan perbaikan.



Gambar 2.8 Tujuh jenis pemborosan.

A. MUDA Kelebihan Produksi

Dengan mengabaikan ketentuan produksi *just in time*, dan melakukan produksi dengan kuantitas lebih dari yang diperlukan (melakukan produksi lebih cepat dari yang diperlukan) atau membuat produk lebih banyak dari perintah produksi, kita telah menggunakan *man-hour* yang MUDA.

MUDA ini selain menimbulkan MUDA stok, MUDA menunggu, MUDA gerakan, dan MUDA transportasi, lebih jauh lagi juga akan menimbulkan MUDA lainnya. MUDA kelebihan produksi adalah MUDA yang paling menimbulkan masalah.

B. MUDA Menunggu

Menunggu merupakan kondisi yang terjadi pada proses yang berada dalam urutan kerja sesuai dengan kerja standar, dimana meskipun ingin maju ke proses berikutnya, tetapi tidak dapat maju. Untuk lebih jelasnya, saat kita akan memasang produk ke mesin, tidak bisa karena mesin masih bergerak, oleh karena itu harus menunggu hingga mesinnya berhenti. Waktu selama kita menunggu ini yang disebut dengan MUDA menunggu. MUDA ini timbul pada saat-saat seperti berikut:

- Bila jumlah produksi sedikit saat jumlah produksi sedikit, meskipun rasio pengoperasian mesinnya buruk, keterlambatan kegiatan kerja tidak terlalu diperhatikan. Karena hal ini, para pekerja memiliki waktu senggang, sehingga mereka tidak melakukan kegiatan kerja standar (kegiatan kerja yang sesuai dengan yang telah ditetapkan), sehingga timbul waktu menunggu.
- Bila tidak terdapat keseimbangan dalam siklus mesin (*machine cycle*); menjalankan beberapa unit mesin, dan waktu pengolahan setiap mesin berbeda, benda kerja baru bisa dipasang setelah mesin yang pengolahannya memakan waktu lama berhenti, sehingga timbul waktu dimana kita harus menunggu.
- Bila pekerja terlalu banyak; pada kegiatan kerja lini jumlah pekerjanya lebih banyak dari yang diperlukan, akan sulit menjaga keseimbangan dalam kuantitas kegiatan kerja. Karena itu, untuk menyesuaikan kecepatan kerja seorang pekerja dengan kecepatan kerja pekerja lain yang ada di sampingnya, timbul waktu menunggu.

C. MUDA Transportasi

Transportasi atau pengangkutan pada dasarnya merupakan MUDA karena tidak memberikan nilai tambah pada produk. Meski diangkut berkali-kali pun, meski diangkut oleh dua orang sekalipun, meski diangkut hingga jauh pun, nilai tambah produk tidak berubah.

Penyebab utama banyaknya pengangkutan di dalam pabrik adalah tidak terjadinya aliran produk. Jika dilakukan *batch production* (membuat produk olahan yang sama dalam jumlah besar), baru kemudian mengirimkannya ke

proses berikutnya, kemudian di proses berikutnya dilakukan produksi dengan cara yang sama. Bila kegiatan kerja dilakukan dengan cara seperti ini, diperlukan beberapa kali pengangkutan untuk setiap proses.

D. MUDA Proses

MUDA proses berarti proses kerja yang tidak perlu sama sekali, dan tidak memengaruhi kepresisian ataupun fungsi produk olahan. Jika kita terus melakukan cara yang ada tanpa mempertanyakan apapun karena tidak mengetahui dengan baik fungsi produk olahan ataupun bagian yang digunakan, kita tidak akan dapat melakukan kaizen apapun, dan tidak akan timbul pertanyaan di dalam diri kita. Jika kita terus-menerus mempertanyakan cara pengolahan ataupun setting proses yang ada saat ini, kita akan mulai dapat menemukan berbagai masalah. Sebelum memulai produksi, kita harus memastikan fungsi yang diminta oleh pelanggan. Jika tidak, akan timbul perbedaan standar, dan akan menyebabkan overquality.

E. MUDA Stok

Stok yang timbul akibat mekanisme pengangkutan produksi (material, parts, produk dalam proses, produk jadi) adalah MUDA. Meski terdapat banyak stok pun, tidak menghasilkan nilai tambah. Kepekaan terhadap timbulnya MUDA hilang. Bila membuat stok berlebihan yang tidak membedakan antara stok aman dan stok berlebihan dengan alasan sebagai penanggulangan pada saat pengiriman, perusahaan akan menyesal karena tidak ada tempat untuk meletakkan stok tersebut.

F. MUDA Gerakan

MUDA gerakan adalah gerakan pekerja di dalam aktivitas produksi yang tidak menghasilkan nilai tambah. Pemborosan yang paling jelas terlihat adalah pembersihan cat akibat adanya pelapisan di permukaan yang seharusnya tidak dilakukan pelapisan. Hal ini disebabkan kesalahan proses *masking* (kesalahan material *masking*, prosedur *masking*, peletakan *masking*, dsb). Selain mengonsumsi *man-hour*, pemborosan ini juga mengonsumsi waktu dan biaya tambahan.

G. MUDA Produk NG (*Not Good*) dan Perbaikan

MUDA produk NG adalah MUDA karena membuat produk NG yang harus dibuang, atau produk yang masih harus diperbaiki lagi. Berapapun banyaknya perbaikan yang dilakukan, tidak menghasilkan nilai tambah, dan *man-hour* yang diperlukan untuk memilah produk NG pun merupakan MUDA. Berapa kali pun kita melakukan pemeriksaan, itu tidak menghasilkan nilai tambah. Terutama dalam perbaikan, kepekaan akan produk NG-nya kurang.

2.4.3. Prasyarat Dasar Penerapan *Lean Production System*

A. Jaminan Keselamatan

Jaminan keselamatan kerja bagi pegawai yang bekerja di pabrik adalah hal yang harus diprioritaskan oleh perusahaan. Agar para pegawai dapat bekerja secara stabil maka aturan tentang keselamatan kerja harus ditetapkan dan para pegawai harus mematuhi aturan tersebut. Bila tidak ada aturan maka tindakan-tindakan yang berbahaya dapat muncul dan berujung pada seringnya terjadi kecelakaan. Pabrik seperti ini, sebelum melakukan *Lean*, terlebih dahulu harus membangun sistem keselamatan kerja pegawainya di tempat kerja.

Meskipun *Lean* sebenarnya difokuskan pada peningkatan efisiensi produksi dengan "menghilangkan MUDA", tetapi karena diposisikan bahwa "tidak ada kenaikan efisiensi produksi jika mengabaikan keselamatan kerja" maka perlu diberikan perlakuan yang seimbang antara produksi dan keselamatan kerja (serta kesehatan).

Upaya untuk mewujudkan "keselamatan kerja yang sesungguhnya" selalu berkaitan dengan penghilangan MUDA, dan manfaat yang akan diperoleh dari aspek profit pun akan besar. Yang menjadi landasan penghilangan MUDA tersebut adalah 5S. Dapat ditambahkan pula bahwa 5S ini merupakan sarana yang efektif untuk mencegah kecelakaan kerja. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa keselamatan kerja merupakan ujung tombak "berawal dan berakhir dengan 5S".

B. 5S

Tabel 2.1 Daftar Istilah Bahasa Jepang, Indonesia, Inggris dan INKA.

Bahasa Jepang	Bahasa Indonesia	Bahasa Inggris	INKA
Seiri (整理)	Keteraturan	Sort	Ringkas
Seiton (整頓)	Kerapian	Set In Order	Rapi
Seisō (清掃)	Kebersihan	Shine	Resik
Seiketsu (清潔)	Kelestarian	Standardize	Rawat
Shitsuke (躰)	Kedisiplinan	Sustain/Self-decipline	Rajin

5S adalah prinsip organisasi tempat kerja, yang didasarkan dengan lima kata kata Jepang diatas. Prinsip ini menjelaskan bagaimana mengatur ruang kerja untuk efisiensi dan efektivitas dengan mengidentifikasi dan menyimpan barang-barang yang digunakan, memelihara ruang dan barang-barang, dan mempertahankan pesanan baru. Proses pengambilan keputusan biasanya berasal dari dialog tentang standardisasi, yang membangun pemahaman di antara karyawan tentang bagaimana mereka harus melakukan pekerjaan.

Kelima item 5S saling terkait, dan sangat jarang untuk melakukan hanya salah satu dari kelima item tersebut secara terpisah. Kemudian, tidak mungkin juga untuk melaksanakan hanya 5S, dan memisahkannya dari perbaikan-perbaikan proses, karena pasti nantinya akan terkait juga dengan perbaikan yang terus-menerus (*kaizen*).

5S adalah langkah pertama dari *kaizen*. Sebenarnya di dalam pabrik ada banyak perbaikan yang diperlukan, akan tetapi tidak disadari oleh para supervisor maupun manajemen puncak. Kenyataannya ada klaim terhadap mutu dari pelanggan, ada keterlambatan pengiriman, banyak lembur, ada permintaan penurunan harga dari pelanggan, banyak produk cacat di dalam pabrik, ada yang terluka, dan berbagai hal lain yang tidak terhitung jumlahnya.

Dalam beberapa kasus, ada penambahan satu S, sehingga menjadi 6S, dari elemen Keselamatan (*Safety*)

1. Seiri (整理): untuk mendapatkan ruang dan agar dapat digunakan secara efektif, dengan memilah barang yang dibutuhkan dan yang tidak dibutuhkan di tempat kerja, dan segera memindahkan atau membuang barang yang tidak dibutuhkan tersebut.

2. Seiton (整頓): waktu kerja dapat dipersingkat dengan merapikan barang-barang yang dibutuhkan yang masih disimpan (tidak dibuang/dipindahkan), dengan menetapkan tempat peletakan, memberi identitas dan menyusunnya dengan baik, sehingga dapat diambil dan digunakan dengan mudah pada saat dibutuhkan dan hanya pada saat diperlukan. Jika hanya menyusun saja, istilahnya adalah seiretsu (整列).
3. Seisō (清掃): dilakukan untuk menciptakan lingkungan kerja yang nyaman tanpa ada gangguan baik saat pengiriman barang, berjalan, dan lain-lain. Banyak orang yang mengatakan bahwa melakukan 5S adalah menyapu (membersihkan), yang memperlihatkan betapa pentingnya pembersihan dalam 5S. Akan tetapi, pembersihan memiliki arti yang sedikit lebih luas daripada menyapu. Pekerjaan menyapu yang umum seperti di rumah, di kantor dan lain-lain, dapat dilakukan oleh siapa saja. Itu adalah pekerjaan yang mudah. Untuk itulah banyak pabrik, bahkan kantor yang mempekerjakan pekerja yang dianggap tidak membutuhkan keahlian atau kecakapan dari *cleaning specialist*. Akan tetapi membersihkan kotoran di mesin dan peralatan pabrik, gudang, dinding dan lantai yang kotor dan lain-lain, tidak dapat dilakukan seperti menyapu kotoran atau menggelap debu di koridor. Seisō adalah melakukan pembersihan di dalam proses kerja.
4. Seiketsu (清潔): produk yang dihasilkan dari pabrik yang melestarikan keteraturan, kerapian dan kebersihan dipastikan bermutu dan dapat digunakan secara aman. Menjaga kebersihan juga merupakan faktor standar penilaian pelanggan.
5. Shitsuke (躰): Kedisiplinan para pekerja di pabrik harus diajarkan oleh atasan. Dalam hal yang perlu diajarkan mengenai kedisiplinan adalah mengucapkan salam, sopan dengan rekan kerja, dan mematuhi aturan di pabrik. Akan terjadi hal-hal yang tidak diinginkan, jika para pekerja diminta untuk mengerjakan berbagai macam pekerjaan, tetapi tidak kepada mereka diajarkan aturan di dalam pabrik. Yang dimaksud dengan aturan pabrik adalah mematuhi Standar Kerja, mematuhi item-item yang dilarang dalam kaitannya dengan

keselamatan kerja, aturan 5S, aturan umum (hari kerja, jam kerja, jam istirahat, lembur, dan lain-lain.)

C. Jaminan Kualitas

Quality Control (QC) bukanlah suatu pemikiran yang berdiri sendiri. Dalam pekerjaan sehari-hari di semua perusahaan, teknik QC diterapkan berdasarkan pada ukuran masalah untuk menyelesaikan masalah. Apabila QC hendak diterapkan, sebaiknya disesuaikan dengan kemandirian perusahaan tersebut, persyaratan secara sosial, dan kemampuan mandiri lainnya. Karena ada cara penerapan yang sesuai dengan perusahaan. Oleh karena itu, dalam buku ini dijelaskan sampai ke tahap akan menggunakannya di dalam perusahaan.

Mutu dalam hal ini adalah "mutu produk", yaitu baik buruknya fungsi produk, daya guna, desain, kemudahan atau kesulitan penggunaannya. Dalam Bahasa Inggris disebut dengan *quality*, yang diartikan sebagai pelayanan, harga, tampilan produk, pengangkutan dan lain-lain. Yang akan dibahas di sini adalah berfokus pada pengertian mutu yang pertama mutu produk. Mutu produk jika dibagi secara garis besar, ada yang disebut dengan mutu desain dan mutu produksi. Mutu desain adalah mutu permintaan pasar, kemudahan pembuatannya, bisa menampilkan fungsi sesuai dengan yang direncanakan. Mutu produksi adalah mutu sesuai dengan desain pembuatan dengan manufaktur tanpa cacat. Keduanya menjadi mutu yang diharapkan. Pada awalnya akan memuaskan pasar, dan kemudian menjadi mutu yang menjual.

D. Kestabilan Produksi dan Ketepatan Pengiriman

(a) Membuat Standar Kerja

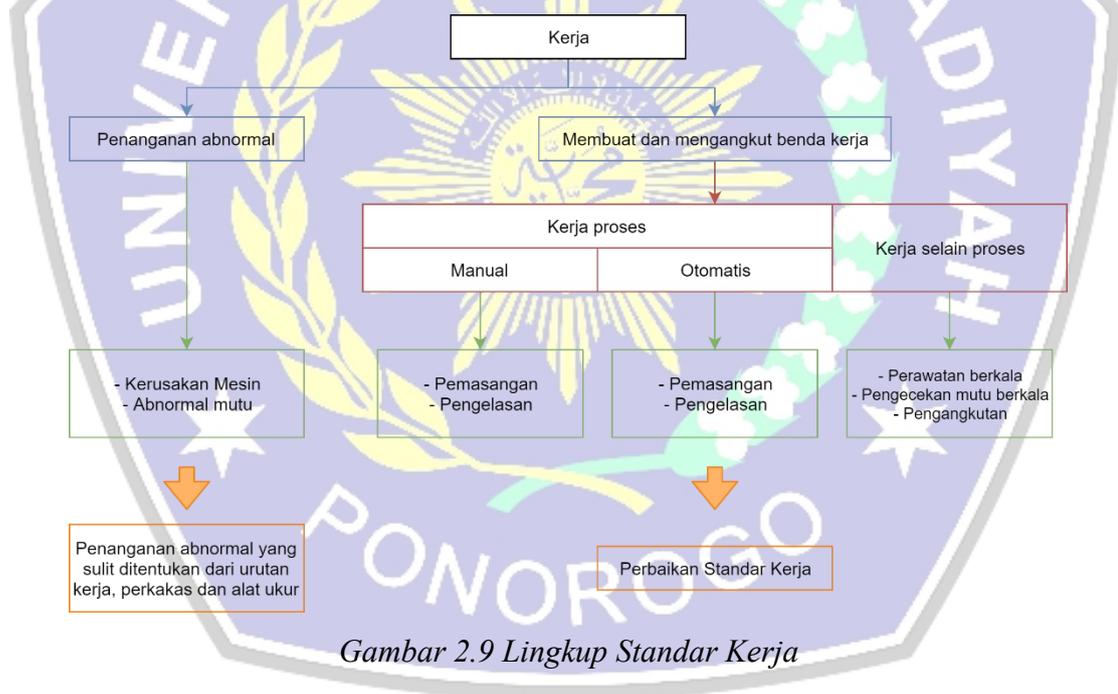
Dengan prasyarat berpusat pada gerakan manusia dan kerja yang berulang (kecepatan dan urutannya tetap). Definisi umum IE (*Industrial Engineering*): gerakan standar yang ditetapkan untuk menentukan waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu barang, dan terus berlanjut dalam satu waktu tertentu. Definisi LPS (*Lean Production System*): gerakan manusia dengan berpusat pada urutan pekerjaan tanpa pemborosan, dan cara produksi yang efektif. Keselamatan kerja dan jaminan mutu, kuantitas produksi dan biaya dapat juga

ditentukan dengan mematuhi kerja standar. Perjelas aturan dan patokan cara memproduksi dan didokumentasikan secara tertulis.

Tabel 2.2 Contoh Agenda Standar Kerja

Item	Contoh
Keselamatan kerja	Cara membawa dan mengangkut barang harus dijelaskan pada manual kerja.
Mutu	Mengambil material, memasangnya, mengecek barang jadi harus dimasukkan ke dalam manual inspeksi mutu
Kuntitas produksi	Membuat satu unit produk yang harus disesuaikan dengan <i>takt-time</i>
Produktivitas	Dibuat langkah kerja terpendek dan urutan kerja serta layout yang efektif

Efektivitas kerja yang baik diatur agar tidak ada waktu tunggu dengan mempertimbangkan standar WIP, dan menetapkan kerja standar.



Gambar 2.9 Lingkup Standar Kerja

Dengan mematuhi kerja standar keselamatan kerja dan mutu dapat terjamin. Jumlah, biaya dan waktu pengiriman juga dapat terjaga. Tiga elemen kerja standar:

- *Takt-time* (T/T): menentukan kecepatan (*pace*) produksi.

$$\text{Takt-time} = \frac{\text{Lama waktu kerja sehari}}{\text{Jumlah produksi yang dibutuhkan per hari}}$$

Takt-time akan berubah sesuai dengan jumlah produksi tiap bulan sehingga rencana kebutuhan operator di proses pun akan berubah sesuai dengan jumlah yang berubah.

*NB: ⁽¹⁾*Cycle-time (C/T)*: waktu yang dibutuhkan oleh operator terlatih untuk melakukan 1 siklus kerja (waktu nyata/ sesungguhnya).

⁽²⁾*Machine-cycle-time (MC/T)*: waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk memproses 1 buah part (waktu penyelesaian).

⁽³⁾*Actual-takt-time: takt-time* yang memasukkan tambahan waktu akibat keterbatasan mesin yang tidak dapat dihindari.

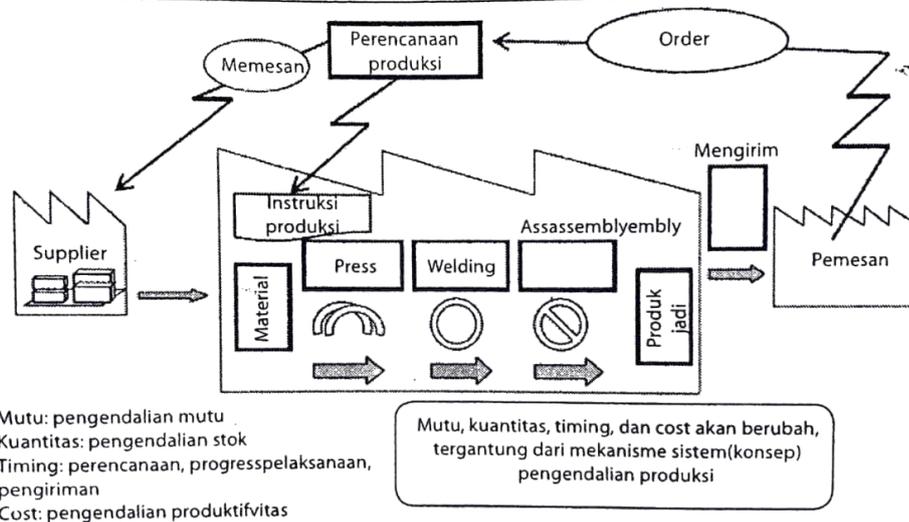
- Urutan kerja: operator memproduksi barang bermutu baik dengan kondisi paling efektif dicirikan oleh: jarak kerja terpendek; tidak adanya waktu tunggu pada mesin yang prosesnya *bottleneck*.
- Standar stok WIP: *work-in-progress* minimum yang ada di proses agar kerja dapat berlangsung dengan gerakan dan urutan yang sama dan berulang sesuai dengan urutan kerja. Bila jumlah standar stok WIP sedikit bisa mengakibatkan barang yang seharusnya diproduksi di mesin habis dan harus menunggu hasil dari proses sebelumnya (timbul waktu tunggu). Bila jumlah standar stok WIP banyak maka akan dibutuhkan area untuk menyimpan dan proses akan bertambah panjang, kemudian *lead time* juga akan bertambah sebanyak waktu yang diperlukan untuk memproses stok WIP tersebut.

(b) Penguatan Pengendalian Produksi

Peran pengendalian produksi dalam sebuah perusahaan manufaktur adalah mengendalikan dan mengelola sumber daya produksi (SDM, barang, fasilitas, informasi) untuk mendapatkan mutu, kuantitas, biaya dan *timing*.

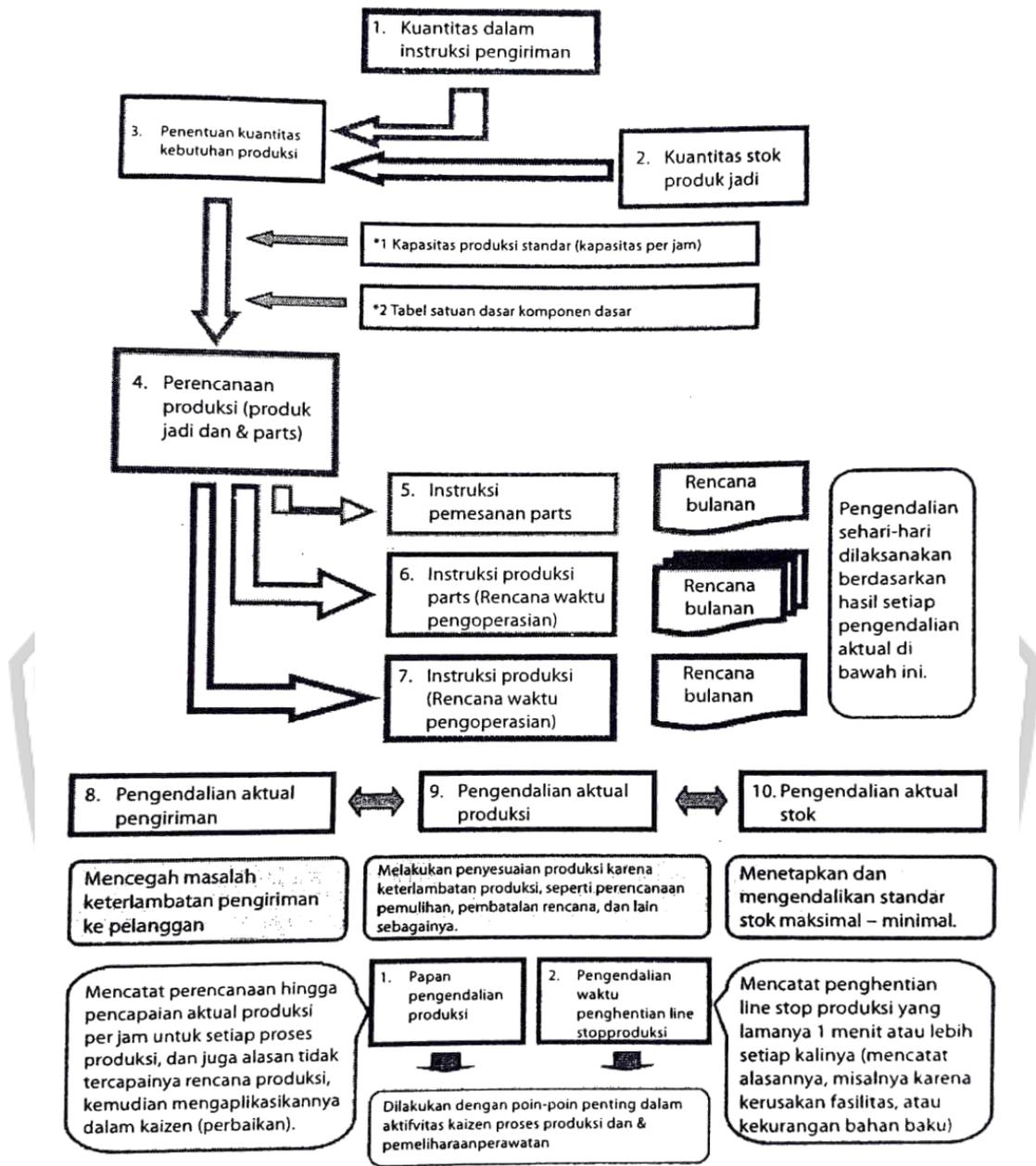
Peranan pengendalian produksi

Pengendalian produksi adalah bagian yang selain membuat perencanaan produksi untuk pesanan pelanggan agar dapat menjalankan produksi yang paling murah dengan mengutamakan pemenuhan mutu, kuantitas, dan waktu pengiriman, juga mendorong pengurangan penurunan biaya (cost reduction) dengan memanfaatkan sumber daya produksi (SDM, barang, fasilitas, informasi) secara efektif.



Gambar 2.10 Pengendalian produksi Lean.

Perencanaan produksi menjadi dasar aktivitas produksi di dalam perusahaan. Perencanaan produksi dibuat oleh divisi pengendalian produksi dengan mengumpulkan informasi berupa order dari pemesan, stok produk jadi, kapasitas produksi setiap proses, tabel satuan dasar komponen, dan lainnya. Berikut akan dijelaskan tentang sistem pengendalian produksi yang mengendalikan produksi dengan konsep *Just in Time* dari *Lean*, sehingga tidak terlambat dalam pengiriman, serta tidak memiliki stok yang berlebihan.



Gambar 2.11 Perencanaan produksi Lean

Penguatan pengendalian produksi adalah dengan membuat sistem pengendalian produksi dengan terlebih dahulu melakukan 3 item *kaizen* sebelumnya: 5S; mutu; kerja standar.

E. Kehadiran

Bila tingkat kehadiran di perusahaan rendah dan pekerja yang melakukan pekerjaan di suatu proses produksi tidak stabil maka akan sulit untuk membiasakan *Lean* walaupun programnya sudah diperkenalkan. Perusahaan seperti ini terlebih dahulu harus memprioritaskan perbaikan agar tingkat kehadiran pegawai menjadi stabil.

Prasyarat-prasyarat ini adalah syarat dasar aktivitas suatu perusahaan. *Lean* tidak akan dapat diterapkan di perusahaan-perusahaan besar sekalipun jika mereka tidak dapat mengendalikan prasyarat-prasyarat tersebut walaupun hanya tampak seperti masalah-masalah biasa.

Tentu saja, ada bagian-bagian prasyarat tadi yang dapat diperbaiki atau ditingkatkan dengan cara menerapkan *Lean*, tetapi bila ada pengusaha yang berpikiran bahwa "*Lean* adalah obat serbaguna sedemikian rupa sehingga apabila *Lean* diterapkan dengan mendatangkan para ahli dibidang ini dan melakukan perbaikan maka semua masalah dapat diatasi", maka bersiaplah *Lean* tidak akan dapat diterapkan. Jika diterapkan juga, maka hasilnya hanyalah kegagalan.

