Bab 2
Landasan Teori

2.1. Sejarah Perkembangan *Lean Manufacturing*

Proses manufaktur terus berkembang seiring dengan kebudayaan manusia. Pada budaya dahulu, dalam suatu sistem produksi dibutuhkan manusia sebagai pekerja yang memiliki keterampilan dalam menggunakan peralatan yang sederhana untuk menghasilkan suatu produk.Produk yang unik serta hanya dibuat berdasarkan pesanan, maka memerlukan biaya dan produktivitas yang sangat tinggi.Hal ini menyebabkan perkembangan sistem produksi secara massal.

Sistem produksi massal menghasilkan produk yang lebih banyak dengan biaya yang dikeluarkan lebih sedikit.Hal ini dikarenakan produktivitas yang dibutuhkan lebih rendah karena tidak menuntut suatu pekerja untuk memiliki kemampuan atau keahlian khusus. Henry Ford merupakan orang pertama yang melakukan sistem produksi secara massal, dimana pada tahun 1913 mobil Ford model T diproduksi dengan menggunakan *continuous flow*.

Melihat kekurangan dari sistem produksi massal yang dilakukan oleh perusahaan Ford, yaitu produk yang dihasilkan hanya sejenis, maka Toyota Production System mengembangkan suatu sistem produksi yang dinamakan *lean manufacturing*. Taiichi Ohno beserta kolega melakukan *continuous flow* dalam melakukan proses produksi dengan menggunakan peralatan *changeover* yang dapat mempercepat kinerja produksi. Dengan mesin yang lebih fleksibel, maka pergantian jenis produk satu ke produk lain dapat dilakukan lebih cepat sehingga walaupun jumlah produk yang lebih kecil tapi memiliki varian yang lebih banyak.

Pada tahun 1990, perkembangan sistem *lean* semakin meningkat setelah beberapa industri otomotif di Amerika dan Eropa menerapkan sistem *lean* ini di perusahaannya karena melihat pergerakan dari perusahaan industri otomotif Jepang yaitu Toyota lebih maju seperti pada tingkat pelayanan, kualitas, produktivitas, dan lainnya.

2.2. Konsep Dasar Lean

Lean adalah suatu upaya terus-menerus untuk menghilangkan pemborosan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang dan/atau jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*costumer value*). Tujuan *lean* adalah meningkatkan terus-menerus *costumer value* melalui peningkatan terus-menerus rasio antara nilai tambah terhadap *Waste*(*the value to Waste ratio*), (Gasperz, 2011).

APICS Dictionary (2005) mendefinisikan lean sebagai suatu filosofi bisnis yang berlandaskan pada minimasi penggunaan sumber-sumber daya (termasuk waktu) dalam berbagai aktivitas perusahaan. Lean berfokus pada identifikasi dan eliminasi aktivitas-aktivitas tidak bernilai tambah (*non value adding activities*) dalam desain, produksi (untuk bidang manufaktur) atau operasi (untuk bidang jasa), dan *supply chain management*, yang berkaitan langsung dengan pelanggan.

Terdapat lima prinsip dasar *lean*, yaitu:

1. Mengidentifikasi nilai produk (barang dan/atau jasa) berdasarkan perspektif pelanggan, dimana pelanggan menginginkan produk (barang dan/atau jasa) berkualitas superior, dengan harga yang kompetitif dan penyerahan yang tepat waktu.
2. Mengidentifikasi value stream process mapping (pemetaan proses pada value stream) untuk setiap produk (barang dan/atau jasa). (**Catatan**:kebanyakan manajemen perusahaan industri di Indonesia hanya melakukan pemetaan proses bisnis atau proses kerja, bukan melakukan pemetaan proses produk. Hal ini berbeda dengan pendekatan Lean.)
3. Menghilangkan pemborosan yang tidak bernilai tambah dari semua aktivitas sepanjang *value stream* itu.
4. Mengorganisasikan agar material, informasi, dan produk itu mengalir secara lancar dan efisien sepanjang proses *value stream* menggunakan sistem tarik (*pull system*).
5. Terus-menerus mencari berbagai teknik dan alat peningkatan (*improvementtools and techniques*) untuk mencapai keunggulan dan peningkatan terus-menerus.

Beberapa prinsip *lean manufacturing* dan *lean service* ditunjukkan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Prinsip-prinsip *Lean Manufacturing* dan *Lean Service*

No	**Manufacturing (produk: Barang)**	**Non-Manufacturing (Produk: Jasa, Administrasi, Kantor)**
1	Spesifikasi secara tepat nilai produk yang diinginkan oleh pelanggan	Spesifikasi secara tepat nilai produk yang diinginkan oleh pelanggan
2	Identifikasi value stream untuk setiap produk	Identifikasi value stream untuk setiap proses jasa
3	Eliminasi semua pemborosan yang terdapat dalam aliran proses setiap produk agar nilai mengalir tanpa hambatan	Eliminasi semua pemborosan yang terdapat dalam aliran proses jasa (*Moments of Truth*) agar nilai mengalir tanpa hambatan
4	Menetapkan sistem tarik (*pull system*) menggunakan kanban yang memungkinkan pelanggan menarik nilai dari produsen	Menetapkan sistem anti kesalahan (*mistake proof system*) setiap proses jasa (*Moments of Truth*) untuk menghindari pemborosan dan penundaan
5	Mengejar keunggulan untuk mencapai kesempurnaan (zero *Waste*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal (*radical continuous improvement*)	Mengejar keunggulan untuk mencapai kesempurnaan (zero *Waste*) melalui peningkatan terus-menerus secara radikal (*radical continuous improvement*)

Pemborosan (*waste*) dapat didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses transformasi input menjadi output sepanjang *value stream*.

Pekerjaan yang tidak meningkatkan nilai tambah merupakan pekerjaan yang murni pemborosan.Pemborosan ini dapat diminimasi bahkan dihilangkan karena tidak memiliki kegunaan. Toyota telah mengidentifikasikan tujuh jenis aktivitas utama yang termasuk ke dalam pemborosan, yaitu:

1. Produksi berlebih (*overproduction*). Jumlah produk yang dihasilkan lebih besar dari yang dibutuhkan konsumen merupakan pemborosan yang dapat menimbulkan biaya tenaga kerja berlebih, biaya simpan, dam transportasi karena persediaan berlebih.

2. Waktu menunggu (*waiting time*). Proses produksi yang tidak berjalan atau menunggu yang diakibatkan seperti menunggu alat, kehabisan material, keterlambatan proses, kerusakan mesin merupakan suatu pemborosan yang perlu dihilangkan. Hal ini tentunya akan mempengaruhi terhadap berjalannya suatu proses sehingga dapat menimbulkan *bottleneck*, untuk itu perlu adanya pengontrolan yang baik dan teratur.
3. Transportasi barang baik itu bahan mentah, setengah jadi, ataupun produk jadi dari suatu tempat ke tempat lainmeski dalam jarak dekat tetap merupakan suatu pemborosan. Resiko barang barang cacat bahkan hilang dapat terjadi saat melakukan transportasi, untuk itu perlu adanya pengelolaan tata letak yang baik pada lantai produksi.
4. Pemrosesan secara berlebih atau pemrosesan yang keliru. Melakukan langkah yang tidak perlu untuk memproses komponen. Pemborosan terjadi ketika membuat produk dengan kualitas lebih tinggi dengan menggunakan peralatan yang lebih presisi atau lebih canggih daripada yang diperlukan.
5. Persediaan berlebih (*unnecessary inventory*). Bahan baku, barang dalam proses atau barang jadi yang berlebih menyebabkan *lead time* yang panjang, barang dapat menjadi kadaluarsa, barang rusak, memakan banyak ruang, peningkatan biaya transportasi dan penyimpanan, dan keterlambatan dalam pengiriman.
6. Gerakan yang tidak perlu (*unnecessary motion*). Setiap gerakan yang dilakukan karyawan selama melakukan pekerjaan mereka yang bukan gerakan yang tak memberi nilai tambah dan tidak efektif untuk dilakukan seperti meraih, mencari, memilih, menumpuk komponen, alat ,dan lain-lain. Selain itu, pergerakan yang tidak perlu juga dapat terjadi pada material.
7. Produk cacat (*defect*). Produksi komponen yang cacat atau yang memperlukan perbaikan. Perbaikan atau pengerjaan ulang, memproduksi barang pengganti, dan inspeksi berarti penanganan, waktu, dan upaya yang sia-sia.

2.3. Metode dan *Tools Lean Manufacturing*

Dalam menerapkan sistem produksi yang *lean* maka dibutuhkan metode dan *tools* yang sesuai. Beberapa metode dan *tools* yang digunakan dalam *lean manufacturing* adalah sebagai berikut:

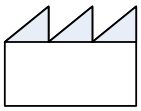
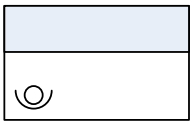
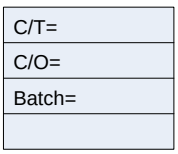
2.3.1. *Value Stream Mapping* (VSM)

APICS Dictionary (2005) mendefinisikan *value stream* sebagai proses-proses untuk membuat, memproduksi, dan menyerahkan produk (barang dan/atau jasa) ke pasar. Untuk proses pembuatan barang (*good*), *value stream* mencakup pemasok bahan baku, manufaktur dan perakitan barang, serta jaringan pendistribusian kepada pengguna barang itu. Cara melakukan metode *value stream mapping* (VSM) ini adalah sebagai berikut:

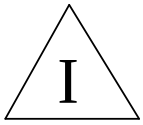
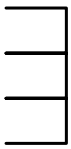
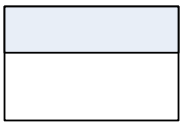
1. Memetakan semua kegiatan yang terdapat pada sistem, mulai dari akhir aliran nilai pelanggan.
2. Memberikan keterangan performansi untuk setiap kegiatan.
3. Memetakan pergerakan produk dan aliran informasi yang mengatur aliran nilai.
4. Langkah terakhir yang harus dilakukan adalah mencari inti atau hal yang paling utama dari aliran nilai tersebut.

Adapun simbol-simbol yang diperlukan dalam membuat *value stream mapping* (VSM) dijelaskan pada tabel berikut:

Tabel 2.2. Simbol-simbol Pada *Value Stream Mapping*

	*Customer and Supplier*: Untuk konsumen berada di pojok kanan atas, sedangkan supplier pojok kiri atas. Biasanya akhir dari point adalah barang jadi ataupun bahan baku
	*Process*: Proses, operasi, mesin atau departemen, di mana bahan baku mengalir. Mewakili salah satu departemen secara terus menerus, aliran internal tetap
	*Data Box*: Berada dibawah ikon lain. Data dan informasi penting yang diperlukan untuk mengamati dan menganalsisi sistem

Tabel 2.3. Simbol-simbol Pada *Value Stream Mapping* (Lanjutan)

	*Inventory*: Menunjukkan persediaan diantara dua proses
	*Push Arrow*: Mendorong bahan dari satu proses ke proses selanjutnya
	*Shipment*: Pergerakan bahan baku dari pemasok ke gudang dan pergerakan barang jadi ke pelanggan
	*Supermarket*: Supermarket (stok poin kanban)
	*Material pull*: Menghubungkan supermarket ke proses hilir dengan ditarik yang menunjukkan penghapusan secara fisik
	FIFO *Line*: Gunakan ikon ini ketika proses terhubung dengan sistem FIFO
	*Safety Stock*: Persediaan untuk mengatasi masalah seperti downtime, melindungi sistem jika terjadi fluktuasi permintaan, pemesanan yang mendadak atau kegagalan sistem
	*External Shipment*: Pengiriman dari pemasok atau pengiriman ke pelanggan menggunakan transportasi eksternal
	*Production Control*: Merupakan penjadwalan atau mengontrol departemen, orang atau operasi

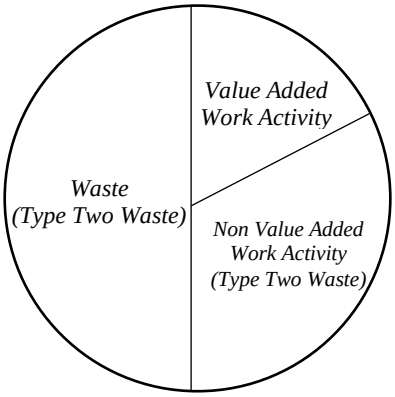
Tabel 2.4. Simbol-simbol Pada *Value Stream Mapping* (Lanjutan 2)

	*Manual Info*: Informasi baik berupa memo, laporan atau percakapan yang disampaikan langsung secara manual
	*Electronic Info*: Informasi atau data disampaikan langsung melalui media elektronik, seperti telepon, fax, internet, LAN, dll.
	*Pull Arrow*: Menarik bahan dari satu proses untuk proses selanjutnya

Pada dasarnya dikenal dua kategori utama pemborosan, yaitu *Type One Waste* dan *Type Two Waste.*

Type One Waste adalah aktivitas kerja yang tidak menciptakan nilai tambah dalam proses transformasi *input* menjadi *output* sepanjang *value stream*, namun aktivitas itu pada saat sekarang tidak dapat dihindarkan karena berbagai alas an. Misalnya, aktivitas inspeksi dan penyortiran dari perspektif *lean* merupakan aktivitas tidak bernilai tambah sehingga merupakan *Waste*, namun pada saat sekarang kita masih membutuhkan inspeksi dan penyortiran karena mesin dan peralatan yang digunakan sudah tua sehingga tingkat keandalannya berkurang. Dalam jangka panjang *Type One Waste* harus dapat dihilangkan atau dikurangi.*Type One Waste* ini sering disebut sebagai *Incidental Activity* atau *Incidental Work* yang termasuk kedalam aktivitas tidak bernilai tambah (*non-value-adding work or activity*).

Type Two Waste merupakan aktivitas yang ridak menciptakan nilai tambah dan dapat dihilangkan dengan segera. Misalnya menghasilkan produk cacat (*defect*) atau melakukan kesalahan (*error*) yang harus dapat diidentifikasi dan dihilangkan dengan segera. Konsep *value added activity, incidental activity* (*non value added*) ditunjukkan dalam gambar 2.1..



Gambar 2.1. Konsep *Type One Waste* dan *Type Two Waste*

2.3.2. 5S

5S terdiri dari Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, dan Shitsuke. 5S ini merupakan metode untuk menghilangkan pemborosan dan melakukan aktivitas pembersihan di tempat kerja. Penjelasan dari 5S adalah sebagai berikut:

1. Seiri atau Ringkas

   Seiri merupakan aktivitas dalam memilah barang-barang dan menyimpan hanya yang diperlukan dan menyingkirkan yang tidak diperlukan sehingga barang yang berada di area kerja merupakan barang yang diperlukan saja dan akansemakin ramping (*lean*) dan efisien area kerja tersebut.

2. Seiton atau Rapi

   Seiton berarti mengatur dan mengidentifikasi beberapa hal untuk kemudahan penggunaan. Hal ini dapat dilakukan dengan memberikan tempat khusus untuk setiap jenis barang sehingga siap digunakan pada saat diperlukan.Hal ini dilakukan agar meminimasi pergerakan pekerja yang tidak efektif seperti kegiatan mencari.

3. Seiso atau Resik

   Hal ini berarti aktivitas melakukan proses pembersihan, untuk menjaga kebersihan dan kerapihan. Kegiatan membersihkan dilakukan pada peralatan dan daerah kerja sehingga segala peralatan kerja tetap terjaga dalam kondisi yang baikdan dapat meminimasi kerusakan alat dan menghindari kecelakaan kerja.

4. Seiketsu atau Rawat (menciptakan aturan)

   Seiketsu merupakan aktivitas untuk secara konstan menjaga 3S yang pertama sebagai rutinitas dan menjaga kebersihan prinadi.

5. Shitsuke atau Rajin/Disiplin

   Shitsuke berarti membuat pekerja memiliki kebiasaan atau budaya dari 5S ini. Tujuan dari poin ini adalah sebagai suatu upaya peningkatan berkesinambungan (*continuous improvement*).

2.4. Gerakan-gerakan Fundamental Untuk Pelaksanaan Kerja Manual (THERBLIGS)

Bisa kita mengamati suatu pekerjaan yang sedang berlangsung hal yang sudah pasti terlatih adalah gerakan-gerakan yang membentuk kerja tersebut.Untuk mempermudah penganalisaan tehadap gerakan-gerakan yang akan dipelajari perlu dikenal terlebih dahulu gerakan-gerakan dasar yang membentuk kerja tersebut. Guna melaksanakan maksud ini, maka Frank dan Lillian Gilbert telah berhasil menciptakan simbol/kode dari gerakan-gerakan dasar kerja yang dikenal dengan nama THERBLIG (dieja dari nama Gilberth secara tebalik). Therbligs ini oleh Gilberth dinyatakan dalam simbol-simbol gambar, seperti yang terlihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5. Macam-macam Elemen Gerakan Therbligs

Nama Therblig	Lambang Therblig	
Mencari (Search)	SH	
Memilih (Select)	ST	
Memegang (Grasp)	G	
Menjangkau (Reach)	RE	
Membawa (Move)	M	
Memegang untuk Memakai (Hold)	H	
Melepas (Released load)	RL	
Pengarahan (Position)	P	
Pengarahan Sementara (Pre Position)	PP	
Memeriksa (Inspection)	I	
Merakit (Assemble)	A	
Lepas Rakit (Desassemble)	DA	
Memakai (Use)	U	
Kelambatan yang tak terhindar (Unavoidable delay)	UD	
Kelambatan yang dapat dihindarkan (Avoidable delay)	AD	
Merencana (Plan)	Pn	
Istirahat untuk menghilangkan fatique (Rest to overcome fatoque)	R	

1. Mencari (*search*) adalah elemen dasar gerakan pekerja untuk menentukan lokasi suatu objek. Gerakan kerja dalam hal ini dilakukan oleh mata. Gerakan dimulai pada saat mata bergerak mencari obyek dan berakhir bila obyek tersebut sudah ditemukan.elemen ini sedapat mungkin dieleminir (tujuan dari analisa therbligs adalah untuk menghilangkan sedapat mungkin gerakan-gerakan yang tidak perlu) dengan cara –Misalnya, meletakan material atau peralatan kerja pada lokasi yang tetap sehingga proses kerja mencari dapat dihindari. Untuk mengurangi atau menghilangkan waktu untuk mencari-cari maka seorang perancang kerja harus memperhatikan beberapa petanyaan berikut :
    - Sudah jelaskah ciri-ciri obyek yang akan diambil? disini pemasangan label atau kode warna-warna tertentu diharapkan akan memudahkan proses mencari obyek.
    - Apakah tata letak (*layout*) area kerja sudah diatur sebaik-baiknya sehingga mampu mengeleminir proses mencari? pengaturan letak material, peralatan atau fasilitisas kerja lainnya harus ditempatkan sedemikian rupa dan tidak berubah-ubah sehingga tidak ada waktu terbuang untuk mencari (gerakan tangan otomatis tanpa harus menggerakan mata).
    - Apakah pencahayaan untuk area kerja yang sudah ada memenuhi persyaratan ergonomis yang sangat penting dalam gerakan mencari karena menentukan terlihat tidaknya obyek secara jelas.
    - Dapatkah dirancang tempat meletakkan obyek yang tembus pandang dengan obyek yang tembus pandang maka obyek akan terlihat jelas sekalipun dari luar yang tentunya akan memudahkan proses mencarinya.
2. Memilih (*select*) adalah elemen Therblig ysng merupakan gerakan kerja untuk menemukan atau memilih suatu objek diantara dua atau lebih objek yang sama lainnya.Biasanya pula setelah gerakan memilih dilakukan akan diikuti gerakan memeriksa (*inspection*). Gerakan memilih ini termasuk elemen-elemen Therbligs yang diklasifikasikan tidak efektif sehingga sedapat mungkin gerakan ini dihindarkan. Untuk menghindarkan elemen gerakan memilih ini

maka beberapa pertanyaan berikut ini bisa dipakai pedoman *motion analysis* yaitu:

- Apakah objek-objek (*part*) yang ditempatkan dalam tempat yang sama? Gerakan memilih dapat dihilangkan bila obyek yang berbeda diletakkan secara terpisah tidak tercampur lagi.
- Apakah obyek yang sama telah memenuhi persyaratan interchangeability? part atau obyek seharusnya standard sehingga tidak ada perbedaan antara obyek yang satu dengan obyek yang lain.
- Dapatkah digunakan suatu tempat material (*rack* atau *tray*) yang mampu mengatur posisi obyek sedemikian rupa sehingga tidak menyulitkan pada saat mengambil tanpa harus memilih-milih lagi.

3. Mengarahkan (*position*) adalah elemen gerakan Therbligs yang terdiri dari menempatkan obyek pada lokasi yang dituju secara tepat. Gerakan dimulai sejak tangan memegang obyek tersebut kea rah lokasi yang dituju dan berakhir pada saat gerakan berakhir atau melepas. Elemen gerak mengarahkan ini termasuk elemen Therbligs yang tidak efektif, sehingga untuk itu diusahakan menghilangkannya.
4. Memeriksa (*inspection*) adalah gerakan kerja yang dilaksanakan dengan mengecek secara rutin oleh operator selama proses kerja berlangsung. Elemen dapat berupa gerakan melihat seperti memeriksa warna, memeriksa kehalusan permukaan benda kerja dan lain-lain. Elemen kerja ini termasuk dalam elemen Therbligs yang tidak efektifdan dapat dihindari dengan mengikuti petunjuk-petunjuk berikut:
    - Dapatkah kerja memeriksa ini dihilangkan atau digabungkan dengan elemen kerja Therbligs lainnya? Dengan adanya kombinasi operasi pemeriksaan dan gerakan kerja yang lain akan dapat menghemat waktu yang dibutuhkan untuk elemen kerja memeriksa apabila dilaksanakan secara tersendiri.
    - Apakah dapat dimanfaatkan peralatan khusus untuk inspeksi yang dapat membantu atau menggantikan fungsi bagian tubuh (tangan, mata, dan lain-lain?) adanya lensa pembesar, peralatan elektronik, ataupun mekanik

untuk pemeriksaan, dan lain-lain akan bisa diaplikasikan guna melakukan pemeriksaan secara lebih mudah dan teliti.

5. Merencanakan (*plan*) merupakan proses mental dimana operator berhenti sejenak bekerja dan memikirkan untuk menentukan tindakan apa yang harus dilakukan selanjutnya. Elemen kerja ini umumnya sering bisa dijumpai pada pekerja-pekerja baru. Cara memperbaikinya adalah dengan memberikan pelatihan (*training*) yang cukup.
6. Istirahat Untuk Menghilangkan Lelah (*Rest to Overcome Fatigue*) elemen ini tidak terjadi pada setiap siklus kerja akan tetapi berlangsung secara periodic. Untuk memperbaiki elemen-elemen Therblig yang diklasifikasikan sebagai nilai bisa dilaksanakan dengan memperhatikan faktor-faktor ergonomi yang secar signifikan berpengaruh besar terhadap performa kerja manusia.

Elemen Therblig yang efektif adalah semua elemen dasar yang berkaitan langsung dengan aktivitas kerja.Untuk elemen Therblig yang tidak efektif tidakberkaitan dengan aktivitas penyelesaian pekerjaan secara langsung dan harusnya dieliminir dengan memperhatikan prinsip-prinsip dasar dari analisa operasi kerja dan ekonomis gerakan. Elemen Therblig yang telah diuraikan diatas masuk ke dalam kelompok *Ineffective* Therblig dengan klasifikasi mental atau semi mental dan *delay*.

- Mental atau Semi-Mental Basic Divisions
  - Mencari (*search*)
  - Memilih (*Select*)
  - Mengarahkan (*position*)
  - Memeriksa (*inspection*)
  - Merencanakan (*plan*)
- Delay
  - Istirahat Untuk Menghilangkan Lelah (*Rest to Overcome Fatigue*)

2.5. Desain dari Pemindahan Secara Manual

Sebagian besarkecelakaanyangterjadidalam industrimelibatkanpemindahan barang secara manual. *National Institute for Occupational Safety and Health*

(NIOSH) merupakan suatu lembaga yang menangani masalah kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika Serikat. Lembaga ini menyatakan bahwa sakit punggung disebabkan kelelahan hingga 60% kembali dari penderita sebelumnya. Sekitar 500.000 pekerja di Amerika Serikat mengalami beberapa jenis kecelakaan yang diakibatkan kelelahan per tahunnya. Sekitar 60% kecelakaan akibat kelelahan meliputi mengangkat dan 20% mendorong atau menarik.

Permasalahan ini terjadi di seluruh dunia. Menurut sebuah dokumen yang terakhir di musyawarahkan oleh komisi kesehatan dan keselamatan Inggris, lebih dari 25% kecelakaan melibatkan pemindahan barang dalam satu cara atau lebih (komisi kesehatan dan keselamatan, 1991). Selain itu, sejauh mana keseriusan masalah ini digambarkan dalam dokumen yang sama dimana diperkirakan dalam pengurangan kecelakaan pemindahan barang secara manual sebesar 10% dapat menyelamatkan perekonomian Inggris sekitar £170 juta per tahun.

2.5.1. Pendekatan NIOSH dengan Desain dan Evaluasi dari Tugas Mengangkat

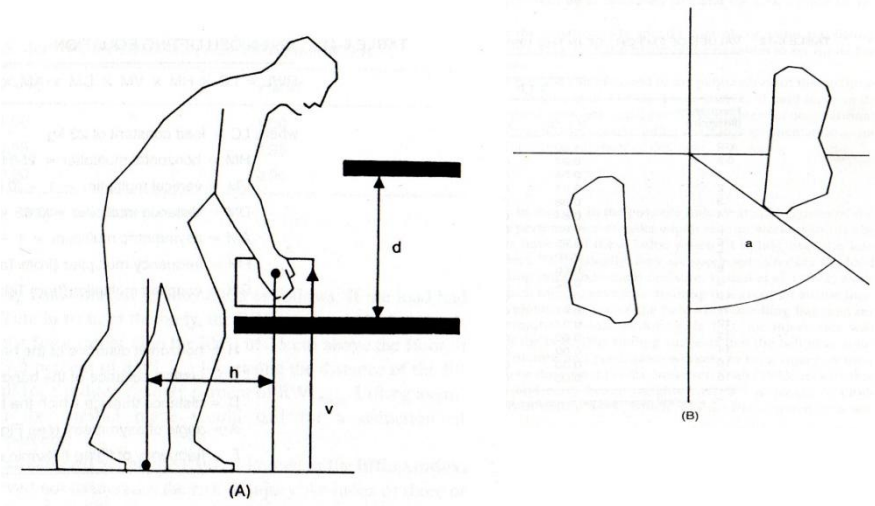
Pendekatan yang mungkin paling komprehensif untuk desain dari tugas mengangkat adalah NIOSH di Amerika Serikat. NIOSH telah mengembangkan sebuah persamaan untuk menghitung batas berat yang direkomendasikan (RWL) untuk tugas mengangkat tertentu dimana seorang pekerja dapat melakukannya untuk jangka waktu tertentu tanpa meningkatkan resiko sakit punggung. Persamaan telah ditetapkan secara empiris dan menetapkan berat maksimum sebagai fungsi dari nilai-nilai variabel tugas tertentu.

Tiga kriteria yang telah digunakan untuk mengembangkan persamaan dapat dilihat pada 2.6.

Tabel 2.6.Kriteria Dalam Mengembangkan Persamaan

Pertimbangan	Kriteria	Nilai
Biomekanis	Kompresi disk maksimum	3.4 kN
Fisiologis	Pengeluaran energi maksimum	2.2-4.7 kcal/min
Psikologis	Berat maksimum yang dapat diterima adalah 75% untuk perempuan dan99% laki-laki	

pendekatan yang dilakukan oleh NIOSH telah merekomendasikan beban maksimum untuk mengangkat dalam kondisi yang ideal. RWL maksimum diambil menjadi beban 23kg, mengangkat pada bidang sagittal dari ketinggian 75 cm di atas lantai dan memegang 25 cm di depan di dalam tubuh. Pendekatan NIOSH dalam evaluasi mengangkat beban dijelaskan pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pendekatan NIOSH Dalam Evaluasi Mengangkat Beban

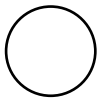
Dimana:

- H = Jarakhorizontaltangandarititik tengahpergelangan kaki
- V = Jarak vertical tangan dari lantai
- D = Jarak dimana beban diangkat
- A = Sudut asimetri

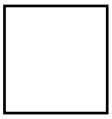
2.6. Peta Proses Operasi

Peta proses operasi merupakan suatu diagram yang menggambarkan langkah-langkah proses yang akan dialami produk dari mulai bahan baku hingga produk jadi atau setengah jadi. Peta proses operasi dapat digunakan untuk mengetahui kebutuhan mesin dan penggunaannya, menentukan tata letak pabrik dan untuk melakukan perbaikan cara kerja yang sedang digunakan saat ini. Perbaikan yang mungkin dilakukan antara lain; kita bisa menghilangkan operasi-operasi yang tidak perlu, menggabungkan satu operasi dengan operasi lain, menemukan urutan-

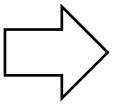
urutan kerja atau produksi yang lebih baik, menentukan mesin yang ekonomis, menghilangkan waktu menunggu antara operasi dan sebagainya.Adapun lambang-lambang yang digunakan pada peta proses operasi adalah sebagai berikut:



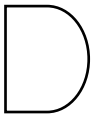
Suatu kegiatan operasi terjadi apabila bendakerja mengalami perubahan sifat, baik fisik maupun kimiawi.



Suatu kegiatan pemeriksaan terjadi apabilabenda kerja atau peralatanmengalami pemeriksaan baik segi kualitas maupun kuantitas.



Suatu kegiatan transportasi terjadi apabila benda kerja, pekerja atau perlengkapan mengalami perpindahan tempat yang bukan merupakan bagian suatu operasi.



Proses menunggu terjadi apabila benda kerja,pekerja atau perlengkapan tidakmengalami kegiatan apa-apa selain menunggu (biasanya sebentar).



Proses penyimpanan terjadi apabila benda kerja disimpan untuk jangka waktu yang cukup lama.



Kegiatanini terjadi apabila antara aktivitas operasi dan pemeriksaan dilakukan bersamaan pada suatu tempat kerja.

2.7. 5 *Why*

5 *Why*adalah teknik tanya-jawab sederhana untuk menyelidiki hubungan sebab akibat yang menjadi akar dari suatu permasalahan. Teknik ini adalah praktik bertanya, mengapa sebanyak lima kali, mengapa sebuah masalah teknis terjadi dalam upaya menentukan akar penyebab dari suatu kerusakan atau masalah. Teknik ini dikembangkan oleh Sakichi Toyoda yang kemudian dipakai di dalam perusahaan Toyota Motor Corporation. Pada tahun 1970-an, strategi 5 Mengapa

dipopulerkan oleh Sistem Produksi Toyota. Berikut contoh penerapan 5W seperti terlihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7.Contoh Penerapan 5W

Tingkat masalah	*Why*
Output/ jam dibawah rencana produksi.	Kapasitas mesin tidak sesuai dengan rencana produksi.
Perencanaan produksi tidak sesuai dengan kondisi lapangan.	Bagian perencanaan dan pengendalian produksi tidak melakukan perhitungan dengan tepat.
Bagian perencanaan produksi tidak kompeten.	Manajer perencanaan produksi tidak turun langsung ke lapangan untuk melihat kondisi lantai produksi.
Tingkat keahlian manajer produksi dibawah ekspetasi perusahaan.	Manajer produksi tidak kompeten dalam melakukan perencanaan produksi.
Manajer produksi tidak kompeten.	Kebijakan pemilihan manajer produksi yang tidak tepat.