

KATA PENGANTAR

Penyusunan bahan diktat ajar tentang Pengantar Teknik Industri ini bertujuan untuk memberikan kemudahan bagi mahasiswa untuk mengikuti dan memahami Mata Kuliah Pengantar Teknik Industri.

Mata kuliah Pengantar Teknik Industri yang disajikan melalui diktat ini banyak membahas masalah pengenalan bidang-bidang ilmu di Teknik Industri. Ditujukan bagi pada mahasiswa dan untuk calon-calon ahli di bidang Teknik Industri yang harus mengenal secara detail seluk-beluk ilmu di bidang Teknik Industri, maka kiranya diktat ini dapat dipakai sebagai bahan bacaan.

Tiada gading yang tidak retak, demikian pula dengan buku ini masih dijumpai kejanggalan di sana-sini, oleh sebab itu dengan sapa dan kritik dari pembaca dan sejawat sangat diharapkan.

Medan, 2 Maret 2016
Penulis

Ir. Hj. Ninny Siregar, M.Si

BAB I

SEJARAH DAN PERKEMBANGAN DISIPLIN TEKNIK INDUSTRI

1.1 Pendahuluan

Dimasa yang akan datang Teknik industri akan menjadi salah satu dari sekian banyak profesi yang akan diperhitungkan dalam pemecahan masalah yang kompleks dalam dunia dengan tingkat teknologi yang tinggi ini. Saat ini dapat kita lihat tingginya penggunaan otomasi dan bentuk-bentuk lain teknologi di pabrik-pabrik dan sistem-sistem produksi di seluruh dunia.

Perkembangan disiplin studi Teknik Industri (*Industrial Engineering*) tidak terlepas dari perkembangan disiplin studi teknik lainnya. Berdasarkan pustaka yang ada diketahui bahwa era teknologi secara modern dimulai sekitar tahun 1750. Alasan mengatakan bahwa teknologi modern dimulai pada tahun 1750 adalah (1) sekolah teknik dimunculkan pertama kali di Perancis dalam abad ke-18 dan (2) perkataan teknik sipil (*civil engineering*) dipergunakan pertama kali pada tahun 1750.

Merancang pabrik di masa yang akan datang, merupakan sebuah tantangan sekaligus permasalahan kompleks yang membutuhkan ilmu pengetahuan dasar, ilmu teknik, ilmu sosial, ilmu komputer dan informasi, ekonomi dan topik-topik lain yang berhubungan dengan prinsip dasar sistem produksi.

Kebutuhan akan manajemen sistem yang lebih baik telah mendorong pengembangan disiplin studi teknik industri (*industrial engineering*).

Lima (5) disiplin utama dalam bidang teknik yang muncul sebelum mulai perang Dunia I, yaitu : (1) teknik sipil, (2) teknik mesin, (3) teknik elektro, (4) teknik kimia, dan (5) Teknik Industri. Kelima disiplin studi ini sering disebut sebagai “lima besar” (*the big five*).

Khusus tentang disiplin teknik industri, dimana disiplin ini telah berkembang pesat dan dapat dikatakan berawal dari masa revolusi industri. Dengan demikian kita boleh mengatakan bahwa munculnya teknik industri sebagai suatu profesi merupakan hasil dari revolusi industri yang membutuhkan orang-orang terlatih yang mampu merencanakan, mengorganisasikan, dan mengatur operasi dari sistem-sistem kompleks yang besar.

1.2. Sejarah dan Perkembangan Teknik Industri

Apa sebabnya kata “Industri” dan “Teknik” akhirnya dikombinasikan menjadi “Teknik Industri”? Apa hubungan antara Teknik Industri dengan disiplin-disiplin ilmu teknik lainnya, dengan administrasi bisnis, dan dengan ilmu-ilmu sosial ?.

Keteknikan/*engineering* dan *science*/ilmu pengetahuan telah berkembang secara paralel, saling melengkapi walaupun tidak selalu dalam jalan yang sama. *Science* terfokus pada pengembangan ilmu pengetahuan dasar, sedangkan *engineering* terfokus pada pengaplikasian/penerapan pengetahuan/*science* untuk mencari pemecahan permasalahan-permasalahan yang ada, serta usaha untuk membentuk “hidup yang lebih baik”. Tapi dalam kenyataannya, pengetahuan tidak akan dapat diterapkan sebelum ia dapat diungkapkan. Dalam usaha pemecahan suatu masalah, orang teknik memberikan umpan balik kepada ilmuwan berupa area-area yang membutuhkan ilmu pengetahuan baru. Dalam hal ini pengetahuan dan teknik akan bekerja sama saling bahu-membahu.

Kita seringkali berpikir bahwa kesuksesan-kesuksesan, seperti Piramid, Tembok Besar China, Bangunan-bangunan Romawi, dan lain-lain sebagai contoh kesuksesan ilmu teknik di masa lampau. Masing-

masing contoh diatas merupakan salah satu hasil yang menakjubkan dari penerapan ilmu pengetahuan. Namun seringkali keberhasilan-keberhasilan lainnya kurang disadari. Bidang miring, busur, roda, paku, kincir angin, layar merupakan usaha orang teknik untuk menyediakan hidup yang lebih baik.

Hampir seluruh pengembangan ilmu teknik merupakan perluasan dari ilmu matematika. Prosedur untuk menghitung jarak, sudut, berat dan waktu secara akurat sangat penting dalam perkembangan ilmu teknik selanjutnya. Setelah prosedur-prosedur ini didapatkan, keberhasilan-keberhasilan lainnya mulai berhasil direalisasikan. Salah satu hubungan sederhana yang sudah sangat kita kenal adalah teorema Pythagoras. Teorema ini mengatakan bahwa sisi miring dari sebuah sudut siku-siku merupakan akar dari penjumlahan kuadrat dua sisi disebelahnya. Penggunaan model abstrak untuk merepresentasikan sistem fisik yang kompleks merupakan alas dasar dalam ilmu teknik.

1. Sekolah teknik pertama kali terdapat di Prancis pada abad 18.
2. Istilah Teknik Sipil pertama kali digunakan tahun 1750.

Prinsip-prinsip awal *engineering* pertama kali digunakan untuk konstruksi jalan dan jembatan serta untuk pertahanan. Karenanya pada saat itu ilmu teknik disebut sebagai teknik militer (*military engineering*). Ketika prinsip-prinsip teknik tersebut diaplikasikan pada kegiatan-kegiatan nonmiliter, prinsip-prinsip tersebut disebut sebagai teknik sipil.

Contoh perkembangan lain yang merupakan pekerjaan mendasar pada akhir abad 19 adalah ditemukannya listrik dan magnet. Walaupun sudah banyak ilmuwan yang mengetahui listrik dan magnet, pengertian tentang fenomena ini belum dimengerti sampai dilakukannya percobaan "*kite flying*" oleh Benjamin Franklin pada tahun 1752. Pertengahan abad berikutnya, ilmuwan Jerman dan Perancis baru dimulai mengerti dasar-dasar dari ilmu listrik.

1.3. Konsep dan Profesi dari Ilmu Teknik

Penemuan bola lampu oleh Thomas A. Edison (1880) merupakan awal digunakannya listrik untuk tujuan penerangan. Selanjutnya terjadi perkembangan yang sangat cepat pada pembangkitan, transmisi dan penggunaan listrik untuk penghematan tenaga kerja. Ahli teknik yang melakukan aktivitas ini seringkali disebut sebagai ahli teknik listrik.

Minyak pelumas semakin dibutuhkan dalam perkembangan perlengkapan mekanik yang sangat cepat. Logam-logam dibutuhkan untuk pembuatan rumah, produk-produk logam, kapal dan lain-lain. Proses pencelupan banyak dilakukan dalam manufaktur untuk memproduksi produk-produk yang dibutuhkan oleh konsumen. Selanjutnya dilakukan pengembangan bahan-bahan sintesis yang digunakan untuk beberapa fungsi yang tidak dapat dipenuhi oleh material aslinya. Area ini selanjutnya lebih dikenal sebagai teknik kimia.

Konsep ini mungkin dilakukan karena :

1. Kemampuan untuk saling menggantikan dari masing-masing *part* (komponen)
2. Adanya spesialisasi tenaga kerja

Aktivitas-aktivitas umum yang merupakan bagian dari orang teknik adalah:

1. Orang teknik memecahkan masalah, demikian juga halnya dengan orang matematika.
2. Orang teknik menganalisa, demikian juga dengan orang statistik dan ekonomi.
3. Engineer mendisain sistem, apakah yang lainnya juga ?.

Apakah itu rancangan? Sebenarnya rancangan/disain mengandung sejumlah aktivitas. Apakah disain adalah sebuah seni sederhana yang dapat dipelajari dari pengalaman ? atau adakah prinsip-prinsip disain yang dapat dipelajari dan diterapkan ?

Contohnya ketika mereka diberikan sebuah balok dengan segala perlengkapannya (ukuran, materi, titik berat, dan lain-lain), dan mereka diperintahkan untuk menganalisa balok tersebut sesuai dengan hubungannya dengan karakteristik pembebanannya. Mungkin saja analisisnya adalah bahwa balok tersebut akan mampu menahan beban maksimal sebesar 100 ton. Itu hanya salah satu jawaban atas pertanyaan yang menyangkut analisa.

Sekarang mari kita perhatikan pertanyaan yang berbeda. Misal anda diperintahkan untuk mendisain sebuah balok yang mampu menahan beban sebesar 100 ton. Akan terdapat banyak jenis balok yang dapat menahan beban 100 ton, dengan demikian tidak hanya terdapat satu jawaban untuk persoalan disain tersebut diatas.

Satu tingkat analisa akan menyediakan pengertian yang cukup untuk menerima sebuah rancangan. Rancangan, sebaliknya memberikan tambahan informasi yang akan mengubah dasari dari analisa. Proses interaktif ini berulang terus sampai ditemukan solusi sistem atau metode yang dapat diterima. (Kata diterima digunakan sebagai pengganti kata “optimal” karena disain yang optimal jarang sekali dapat ditemukan, dan itu biasanya hanya berlaku dalam asumsi yang dibuat oleh engineer).

Biasanya, bidang pekerjaan yang dianggap sebagai profesi adalah ahli obat-obatan, pengajar, arsitektur, ahli hukum, kedokteran, ahli teknik. Menurut Smith bidang pekerjaan tersebut memiliki 4 karakteristik umum yaitu :

1. Profesi selalu sesuai dengan salah satu jenis ilmu pengetahuan khusus.
2. Persiapan untuk sebuah profesi adalah training atau pelatihan selama kurun waktu tertentu setelah mendapatkan pendidikan formal.
3. Standar sebuah profesi, termasuk kode etik, sangat dipelihara dalam sistem kontrol yang merupakan kebijaksanaan praktisnya masing-masing
4. Semua anggota dari masing-masing profesi tersebut mengetahui tanggung jawabnya pada lingkungan, klien maupun rekan satu profesi.

Selain itu dia juga mengatakan, walaupun *engineering* tersebut merupakan sebuah profesi tidak berarti semua orang teknik adalah seorang profesional. Setiap individu harus memenuhi kriteria-kriteria mendasar untuk menjadi seorang profesional. Kemper juga menekankan definisi profesionalisme dalam “*The Taft Hartley Act*”.

Orang teknik juga sering dikatakan sebagai sumber dari permasalahan yang ada di lingkungan kita seperti masalah polusi dan keramaian. Sebenarnya orang-orang teknik telah bekerja dengan baik dan tepat dalam menyediakan benda-benda yang dibutuhkan oleh masyarakat. Polusi, kemacetan dan lalu lintas yang pada dasarnya merupakan hasil sampingan dari proses tersebut. Sebuah mobil dapat dibuat seaman mungkin pengendaranya, tapi itu akan membutuhkan biaya sebesar \$100.000 dan berat mendekati 14 ton. Walaupun seseorang mampu membeli mobil tersebut, tapi ada beberapa hal yang harus diperhatikan, misalnya keselamatan pengendara-pengendara lain yang melintas pada jalan yang sama dan konsumsi bahan bakar untuk mobil seberat 14 ton tersebut.

Profesi *engineering* terkenal sangat setia pada etika keprofesiannya. Orang-orang teknik sekarang sangat pintar dan mengerti kebutuhan masyarakat. Dalam hal ini “*National Society of Professional Engineer*”, telah berhasil membentuk norma-norma etika yang ada, tapi mereka menyediakan dasar-dasar yang baik dalam mengatasi berbagai situasi yang mungkin terjadi.

Lisensi profesionalisme untuk seorang engineer tidaklah seketat lisensi profesional seperti dalam hukum kedokteran. Hal ini disebabkan karena hampir sebagian besar engineer bekerja pada perusahaan besar, sedangkan dokter dan pengacara biasanya bekerja sendiri. Semua negara telah menyediakan tempat untuk memberikan lisensi pada engineer-engineernya, tapi ini tidak berlaku pada engineer yang berpraktik sendiri, kecuali dalam kondisi tertentu, seperti misalnya sebagai konsultan. Tapi ketika sebuah perusahaan memandang dari sudut baik tidaknya disain sebuah produk, baik itu dari segi keselamatan maupun dampaknya pada

lingkungan, maka seorang engineer akan dituntut keprofesionalannya. Seorang engineer dapat terdaftar di suatu negara dengan memperlihatkan dan merekomendasikan pekerjaan yang berhasil dikerjakannya. Di beberapa negara lain, ada juga yang melakukan proses registrasi dengan melakukan pengujian prinsip-prinsip dasar engineering.

Pola atau proses yang biasanya digunakan adalah sebagai berikut: siswa teknik menjalani pelatihan atau *Engineering In Training (EIT)*, belajar selama sekian tahun di perguruan tinggi, tamat, mendapat pekerjaan dan mempraktekkan profesinya sebagai seorang engineer selama sekian periode waktu, selanjutnya melaksanakan ujian sebagai langkah terakhir dalam proses registrasi.

Isu yang berkembang saat ini menyatakan perlu dilanjutkannya sertifikasi kemampuan seorang engineer. Beberapa negara telah mulai menyadari perlunya pembaharuan lisensi keprofesionalan engineer, dokter, dan pengacara secara periodik. Masih diperdebatkan apakah pembaharuan lisensi dilakukan dengan mengadakan pengujian ulang pada materi baru atau cukup dengan minimal telah melanjutkan pendidikan dan pengembangan profesionalisme.

1. Registrasi/pendaftaran sangat penting di masa yang akan datang, dan kemungkinan akan menjadi syarat wajib di beberapa negara.
2. Tidak semua engineer dapat meramalkan kariernya di masa yang akan datang, dia dapat saja percaya dia akan selalu bekerja pada area yang tidak mengharuskan registrasi, tapi berbagai kejadian yang tidak diharapkan mungkin saja terjadi pada saat dia menjalankan profesinya.
3. Hukum pengadilan tidak akan mengenali seorang engineer kecuali dia telah terdaftar, dengan demikian pernyataan seorang *engineer* yang tidak terdaftar tidak akan dianggap sebagai kesaksian dari seorang ahli.

1.4. Penemu-penemu Ilmu Teknik Industri

Pada saat dimulainya pengembangan disiplin Teknik Industri Taylor mengeluarkan metode berupa 3 phase untuk meningkatkan efisiensi, yaitu:

1. Analisa dan kembangkan metode untuk mengerjakan sebuah pekerjaan
2. Kurangi waktu yang digunakan,
3. Ciptakan peningkatan produktivitas yang tinggi. Metode Taylor ini berisi tentang peningkatan produktivitas yang tinggi dan signifikan. Pengembangan lain yang juga berasal dari Taylor berupa usaha untuk mengembangkan perencanaan dan penjadwalan secara menyeluruh untuk semua proses produksi.

Frank B. Gilberth berhasil memperluas konsep Taylor sebelumnya. Kontribusi utama Gilberth adalah identifikasi, analisa dan perhitungan gerakan-gerakan dasar dalam melakukan suatu pekerjaan dengan “memindahkan” dan seterusnya. Dengan menggunakan gambaran kegiatan atau gerakan seorang pekerja untuk menyelesaikan pekerjaan mereka, gerakan berhasil menghitung, rata-rata waktu untuk melakukan pekerjaan mereka, Gilberth berhasil menghitung rata-rata waktu untuk melakukan gerakan-gerakan dasar dalam berbagai variasi.

Dr. Lilian Gilberth, istri Frank, mendapat penghargaan karena telah mengangkat masalah sosial dan hubungan *engineering*. Setelah mendapat gelar doktor di Jurusan Psikologi Universitas Brown, Dr. Gilberth menjadi partner suaminya dalam mengembangkan konsep Teknik Industri. Selama hidupnya, Dr. Gilberth (1878-1972), selalu ikut dalam proses lahir, tumbuh dan pendewasaan profesi Teknik Industri. Dia adalah wanita pertama yang terpilih dalam “*National Academy of Engineering*”.

Pelopor Teknik Industri lainnya adalah **Henry L. Gantt** yang juga telah menciptakan konsep Gantt Chart. Gantt Chart merupakan prosedur grafis yang sistematis yang dapat digunakan untuk merencanakan ulang dan meninjau ulang, kemajuan serta memperbaharui

jadwal suatu kegiatan. Gantt Chart masih sering digunakan sampai saat ini.

W. A. Shewart mengembangkan prinsip-prinsip dasar tentang, *quality control* pada tahun 1924. Ini merupakan salah satu pengembangan yang, sangat penting dalam, praktik teknik industri.

Defenisi teknik industri berdasarkan *Internation Industrial Engineering* (IIE) adalah sebagai berikut:

Industrial Engineering is concerned with the design, improvment, and installation of integrated systems of people, materials, information, equipment, and energy. It draws upon specialized knowledge and skill in the mathematical, physical, and social sciences together with the principles and methods of engineering analysis and design to specify, predict, and evaluate the results to be obtained from such systems.

1.5. Pengaruh Dari Perkembangan-Perkembangan Lain

1.5.1 Pengaruh Dari *Operation Researah*

Perkembangan Teknik Industri banyak sekali dipengaruhi oleh perkembangan pendekatan analisa yang disebut dengan *operation researah* . Pendekatan ini sering digunakan di Inggris dan Amerika Serikat. Dengan menggunakan *science*, matematika, ilmu sosial, teori probabilitas dan statistika, *operation researah* telah berhasil memecahkan berbagai permasalahan perang yang sulit.

Setelah perang Dunia ke II konsep *operation researah* ini digunakan untuk memecahkan permasalahan industri dan komersial. Banyak ahli matematika dan ilmuwan mulai memberikan perhatian pada berbagai permasalahan operasional. Ini menyebabkan adanya interaksi antara orang Teknik Industri dengan orang-orang dari disiplin ilmu lainnya. Gabungan antara ide baru dan pendekatan baru dalam pemecahan masalah berdampak sangat besar bagi pendidikan dan praktik Teknik Industri.

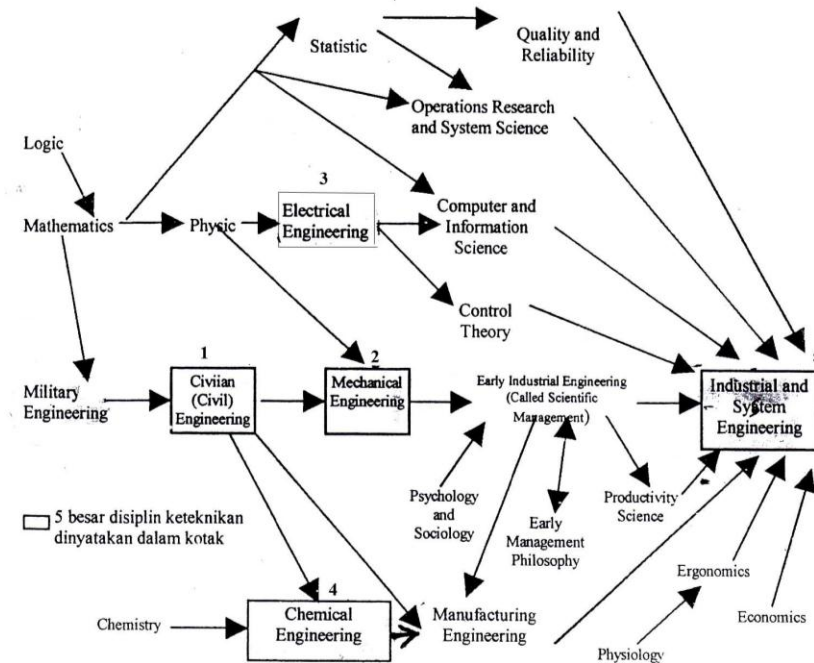
Departemen Teknik Industri di berbagai universitas mulai menawarkan mata kuliah *operation researah* secara lengkap (biasanya sampai level sarjana). Kenyataannya terdapat beberapa departemen Teknik Industri yang mengubah namanya menjadi “*Industrial Engineering and Operation Researah*”.

1.5.2 Pengaruh Komputer

Perkembangan lain yang memiliki pengaruh yang sangat besar pada profesi Teknik Industri adalah komputer. Komputer memiliki kemampuan yang sangat cepat dan akurat dalam menangani data yang jumlahnya sangat banyak. Selain itu komputer juga memungkinkan orang Teknik Industri untuk mendisain sistem yang dapat mengatur dan mengontrol operasi yang besar dan kompleks dengan cara yang lebih efektif

Komputer juga membuat orang Teknik Industri mampu membuat model simulasi fasilitas produksi dan evaluasi untuk mencari alternatif konfigurasi fasilitas yang paling efektif, kebijaksanaan manajemen yang berbeda-beda dan lain sebagainya. Simulasi komputer merupakan salah satu alat dari teknik Industri yang paling sering digunakan.

Industri jasa yang pertama kali menggunakan Teknik Industri dalam Skala organisasi adalah industri kesehatan. Banyak rumah sakit dan klinik memperkerjakan orang Teknik Industri untuk memperbaiki operasinya, mengurangi sampah, mengontrol persediaan, menjadwalkan aktivitas dan untuk berbagai jenis fungsi lainnya.



Gambar 1.1. Hubungan Antara Teknik dan Sistem Industri Pada Teknik Dengan Disiplin Ilmu Lainnya

Kita telah melihat perjalanan Teknik Industri dalam perkembangan teknologi yang telah membuat dunia menjadi semakin kompleks. Perkembangan Teknik Industri tersebut ironisnya, ikut menimbulkan beberapa masalah berupa masalah lingkungan dan sosial. Misalnya dalam industri petroleum, *engineer* telah mendisain proses dan sistem yang sangat efisien untuk menentukan lokasi, penyulingan, proses dan sistem pendistribusian produk. Peningkatan efisiensi ini berdampak pada peningkatan pemakaian minyak bumi. Peningkatan pemakaian berdampak pada peningkatan profit yang nantinya juga akan menyebabkan peningkatan efisiensi. Proses ini berlanjut terus jika minyak yang diolah tersebut tidak terbatas jumlahnya. Peristiwa kekurangan minyak pada 1970 telah membuat seluruh dunia khawatir akan keterbatasan persediaan minyak dan gas bumi.

Tantangan utama yang harus dihadapi oleh *engineer* adalah bagaimana mendisain sistem dan proses yang sesuai dengan kondisi lingkungan kita. Membuang sampah ke sungai atau membiarkan gas beracun lepas ke udara bebas sudah tidak lagi diijinkan saat ini.

BAB II

TEKNIK DAN SISTEM INDUSTRI

2.1. Pengantar

Seperti yang telah disebutkan pada bagian 1.4, aktivitas prinsip yang membedakan orang teknik dengan professional lainnya adalah adanya disain sistem oleh seorang *engineering* merupakan dasar umum prinsip-prinsip disain.

Ahli teknik mesin merancang sistem mekanik, seperti motor, berbagai jenis mesin, dan alat-alat transportasi. Ahli Teknik Elektro merancang komponen-komponen sistem listrik, seperti sirkuit dan mekanisme kontrol. Jika ahli teknik mesin merancang sistem mekanik dan ahli teknik elektro merancang sistem listrik, dengan demikian jika fdianalogikan, maka ahli teknik industri merancang sistem industri. Industri yang dimaksud disini adalah semua jenis industri, bukan hanya industri manufaktur.

2.2. Disain Teknik dan Sistem Industri

Apa sebenarnya arti kalimat “Ahli Teknik Industri mendisain sistem industri”?

“*Industrial and Sistem Engineering*” (Teknik dan Sistem Industri) mendisain sistem dalam 2 level. Level pertama oleh *Blair dan Witson* disebut sebagai sistem aktivitas manusia yaitu sistem yang berhubungan dengan tempat kerja secara fisik. Level kedua disebut sebagai sistem pengendalian manajemen yaitu memperhatikan prosedur-prosedur untuk merencanakan, menghitung dan mengontrol semua aktivitas dalam organisasi.

2.2.1. Sistem Aktivitas Manusia (SDM)

Sistem aktivitas manusia yang dirancang oleh Insinyur Teknik Industri dalam sebuah organisasi terdiri dari beberapa elemen, yaitu :

- Proses produksi/manufaktur (prosedur proses dalam industri dan jasa).
- Material dan semua sumber daya yang digunakan dalam proses produksi.
- Mesin dan peralatannya.
- Metode yang digunakan oleh tenaga kerja dalam melakukan pekerjaannya.
- Tata letak fasilitas dan spesifikasi aliran material.
- Prosedur dan alat penanganan material.
- Disain tempat kerja.
- Lokasi dan ukuran gudang.
- Prosedur pencatatan data untuk laporan pada pihak manajemen.
- Prosedur untuk perawatan dan kebersihan.
- Prosedur keselamatan kerja.

2.2.2. Sistem Pengendalian Manajemen

Sistem pengendalian manajemen yang dirancang oleh ahli teknik dan sistem industri dalam sebuah organisasi terdiri dari beberapa elemen, yaitu:

- Sistem perencanaan manajemen.
- Prosedur peramalan.
- Analisa ekonomi dan anggaran.
- Rencana upah dan gaji.
- Rencana pemberian insentif dan sistem hubungan antar karyawan. Rekrutmen, pelatihan dan penempatan tenaga kerja.
- Perencanaan pengadaan material.
- Prosedur pengendalian persediaan.
- Pengurutan dan penjadwalan.
- Laporan status dan kemajuan.
- Sistem informasi secara keseluruhan.
- Sistem pengendalian kualitas.

- Pengaturan dan pengendalian biaya.
- Alokasi sumber daya
- Disain organisasi.
- Sistem pendukung pengambilan keputusan.

2.3. Tipe Aktivitas Teknik dan Sistem Industri

Perusahaan mengharapkan ahli teknik dan sistem industri mampu melakukan berbagai jenis kegiatan. Biasanya fungsi teknik industri terkonsentrasi pada tingkat operasi. Ada juga perusahaan yang mengembangkan aktivitas orang teknik dan sistem industri untuk merancang sistem manajemen. Belakangan ini ketika teknik industri semakin mewarnai sistem, orang teknik dan sistem industri diharapkan untuk ikut serta dalam aktivitas-aktivitas pada tingkat perusahaan.

Untuk lebih jelasnya selanjutnya akan diberikan beberapa aktivitas yang termasuk dalam 3 kategori tersebut, yaitu : tingkat operasi produksi, sistem manajemen dan pelayanan pada tingkat perusahaan.

2.3.1 Operasi Produksi

- a. Berhubungan dengan produk atau jasa yang diproduksi
 - 1) Menganalisa produk/jasa yang ditawarkan
 - a) Menghitung kemungkinan tingkat keuntungan yang mungkin didapat untuk berbagai tingkat/volume produksi.
 - b) Menganalisa apakah telah sesuai dengan lini produksi yang ada ?.
 - c) Menaksir kemungkinan proses manufaktur produk, sesuai dengan yang telah dipersiapkan oleh departemen disain.
 - d) Menghitung, material (paling efektif dari segi biaya) yang digunakan.
 - 2) Usaha untuk mengembangkan produk/jasa yang telah ada
 - a) Menganalisa data penggunaan produk, berkoordinasi dengan departemen disain untuk melakukan perubahan disain.

- b) Melakukan analisa yang berhubungan dengan pendistribusian produk/pengiriman jasa yang dihasilkan.
- b. Berhubungan dengan proses produksi
 - 1) Menentukan proses dan metode manufaktur yang paling baik
 - a) Mengklasifikasikan dan memberikan kode untuk tiap-tiap komponen.
 - b) Menerapkan prinsip group teknologi jika sesuai.
 - c) Mengklasifikasikan algoritma perencanaan proses untuk menentukan urutan produksi dan alternatif rute.
 - d) Mendisain dan menentukan alas dan perlengkapan yang sesuai.
 - 2) Memilih peralatan, menentukan derajat otomasi, penggunaan robot dan sebagainya.
 - 3) Mengembangkan lini perakitan.
 - 4) Menentukan aliran material yang paling baik dan prosedur serta sistem penanganan material.
- c. Berhubungan dengan fasilitas produksi
 - 1) Menentukan tata letak peralatan yang paling baik.
 - 2) Menentukan fasilitas gudang untuk bahan baku, barang dalam proses dan produk jadi.
 - 3) Menentukan sistem prosedur dan perawatan preventif.
 - 4) Menyediakan prosedur inspeksi yang sesuai dan fasilitas pengujian.
 - 5) Menyediakan peralatan yang sesuai dengan operasi produksi.
 - 6) Menyediakan keamanan dan pelayanan darurat.
- d. Berhubungan dengan metode kerja dan standar
 - 1) Melakukan studi perhitungan kerja, menghitung waktu standar, terus melakukan pembaharuan sesuai dengan kebutuhan.
 - 2) Membuat metode/studi perbaikan.
 - 3) Melakukan analisa rekayasa nilai, mengurangi biaya dan limbah pada tingkat yang paling memungkinkan.

- e. Berhubungan dengan perencanaan dan kontrol produksi
 - 1) Meramalkan tingkat aktivitas (berapa unit produk yang akan terjual ?).
 - 2) Menganalisa batasan kapasitas dan sumber daya.
 - 3) Membuat rencana operasional :
 - a) Menyediakan pengaturan fasilitas-fasilitas yang penting.
 - b) Membuat keputusan membuat atau membeli suatu komponen.
 - c) Membuat rencana produksi.
 - 4) Berhubungan dengan proses produksi
 - a) Membuat analisa persediaan
 - b) Menentukan tingkat persediaan bahan baku, barang dalam proses dan persediaan produk jadi
 - c) Membuat analisa persediaan *multilevel*
 - d) Menentukan tingkat pemesanan kembali, jumlah pemesanan dan tingkat *safety stock*.
 - e) Memelihara performansi supplier dalam kualitas, *lead time*, ketergantungan, dan seterusnya.
 - f) Menggunakan konsep JIT jika memungkinkan.
 - 5) Membuat Perencanaan Kebutuhan Material (*Material Requirement Planning*).
 - 6) Membuat jadwal operasi
 - a) Alokasi sumber daya
 - b) Menjadwalkan komponen produksi.
 - c) Menjadwalkan kegiatan perakitan.
 - d) Merancang prosedur untuk meninjau ulang dan memperbaharui jadwal.
 - 7) Merancang sistem pengendalian kualitas dan prosedur inspeksi
 - 8) Memperhalus produksi, persediaan dan penggunaan tenaga kerja.

- 9) Merancang sistem dan prosedur untuk mengawasi lantai produksi
 - a) Laporan status dan kemajuan yang berhasil diperoleh.
 - b) Laporan keterlambatan.
 - c) Laporan kualitas dan proses ulang.
 - d) Prosedur tindakan perbaikan.
 - e) Akumulasi biaya.
 - f) Laporan penggunaan tenaga kerja.
 - g) Laporan produktivitas, efisiensi dan efektivitas.

2.3.2. Sistem Manajemen

- a. Berhubungan dengan sistem informasi
 - 1) Menentukan kebutuhan informasi manajemen.
 - a) Mengidentifikasi keputusan yang dibuat oleh semua level manajemen, menentukan ketepatan waktu dari masing-masing keputusan tersebut.
 - b) Menentukan data dan informasi yang dibutuhkan untuk tiap-tiap keputusan.
 - c) Mengidentifikasi sumber dari masing-masing elemen data.
 - d) Menentukan bentuk data yang dibutuhkan dan media yang digunakan untuk mentransmisikannya.
 - 2) Merancang basis data untuk mendukung sistem informasi
 - a) Menentukan format input dari sumber data.
 - b) Menentukan file-file yang dibutuhkan.
 - c) Menentukan isi dari masing-masing laporan tersebut.
 - d) Menentukan elemen atau area data yang dibutuhkan oleh masing-masing laporan tersebut.
 - e) Mendisain hubungan antar berbagai file data yang digunakan.
 - 3) Mendisain laporan untuk tingkat manajemen
 - a) Berdasarkan level/tingkat manajemen.
 - b) Berdasarkan periode waktu.
 - c) Persiapan untuk penyelidikan yang interaktif.
 - 4) Membuat analisa data sesuai dengan yang dibutuhkan.
 - 5) Menyediakan umpan balik untuk semua level manajemen

- 6) Mengembangkan dan mengimplementasikan sistem pendukung keputusan.
 - 7) Menganalisa kebutuhan komunikasi data dan jaringan komputer.
- b. Berhubungan dengan sistem biaya dan keuangan
- 1) Merancang sistem anggaran
 - 2) Membuat berbagai studi ekonomi teknik
 - 3) Merancang, mengimplementasikan program pengurangan biaya.
 - 4) Merancang prosedur untuk memperbaharui standar biaya secara otomatis.
 - 5) Merancang sistem-untuk membuat estimasi biaya untuk berbagai tujuan.
 - 6) Membuat prosedur untuk mendapatkan dan melaporkan data biaya untuk kebutuhan pengambilan keputusan manajemen.
- c. Berhubungan dengan personal/orang
- 1) Mendisain prosedur untuk menguji, menyeleksi dan menempatkan orang.
 - 2) Merancang pelatihan dan program pendidikan pada semua level perusahaan.
 - 3) Mendisain dan mengaplikasikan evaluasi pekerjaan dan program pemberian insentif
 - a) Insentif untuk tiap individu
 - b) Insentif untuk tiap kelompok.
 - c) Program pembagian keuntungan.
 - d) Insentif non financial
 - 4) Merancang program dan prosedur hubungan antar tenaga kerja yang efektif.
 - 5) Mengaplikasikan prinsip, ergonomi dan *human engineering* dalam disain pekerjaan, tempat kerja dan lingkungan kerja secara keseluruhan.
 - 6) Mengembangkan program perbaikan pekerjaan.
 - 7) Mengkoordinasikan aktivitas gugus mutu dalam kelompok kerja.

- 8) Mendisain, mengaplikasikan dan mengawasi program keselamatan kerja yang efektif.

2.3.3. Pelayanan pada Tingkat Perusahaan

- a. Perencanaan yang sifatnya lebih menyeluruh
 - 1) Menentukan misi organisasi
 - a) Menentukan area kunci bagi perusahaan.
 - b) Menentukan sasaran jangka panjang.
 - c) Menentukan tujuan jangka pendek.
 - d) Mendisain sistem untuk memisah-misahkan hasil yang didapatkan, melakukan perbandingan untuk membuat perencanaan dan menentukan kegiatan perbaikan.
 - 2) Membantu manajemen perusahaan dalam membuat perencanaan strategis.
 - 3) Membantu manajemen perusahaan dalam membuat strategi perusahaan pada tingkat internasional.
 - 4) Membuat model perusahaan :
 - a) Mengembangkan model bisnis tingkat tinggi dengan membentuk aliran data yang direncanakan sesuai dengan fungsi utama perusahaan.
 - b) Menggunakan metode pembentukan model terstruktur untuk mengembangkan struktur *breakdown hierarki* fungsi perusahaan, sub fungsi perusahaan, dan seterusnya.
 - c) Menggunakan model *enterprise* untuk mengetahui lingkaran respon perusahaan, menentukan titik kritis dan menentukan kesempatan strategis.
 - 5) Membuat aktivitas sistem terintegrasi
 - a) Membuat fungsi kunci yang saling berhubungan.
 - b) Menentukan hubungan antar fungsi.
 - c) Merasionalkan proses fisik dan membuatnya menjadi sederhana mungkin.
 - d) Mengimplementasikan perjanjian standar komunikasi data.
 - 6) Membuat analisa kapasitas.

- 7) Berpartisipasi dalam pembuatan keputusan untuk perluasan pabrik dan lokasi pabrik baru.
- 8) Menyediakan pelayanan pengelolaan proyek.
- 9) Mengimplementasikan konsep manajemen kualitas total dalam organisasi.
- 10) Menerapkan sikap kepemimpinan dalam manajemen sumber daya.
 - a) Menyediakan pelayanan diagnostik dalam penggunaan energi, air dan sumber daya lainnya.
 - b) Memberikan saran yang efektif untuk pengaturan limbah berbahaya, sisa-sisa dan hasil sampingan.
 - c) Menerapkan sikap kepemimpinan, dalam pengurangan efek yang tidak baik bagi lingkungan akibat produk yang diproduksi dan proses pembuatan produk tersebut.

b. Prosedur dan Kebijakan

- 1) Membuat studi sesuai dengan analisa dan disain organisasi.
- 2) Membuat analisa atas pengelompokan berbagai fungsi dan merekomendasikan improvisasi tersebut ke manajemen tingkat atas.
- 3) Mengembangkan dan memelihara kebijakan manual.
- 4) Mengembangkan dan memelihara prosedur yang telah ada sesuai dengan semua sistem dan praktek pada semua tingkat manajemen.

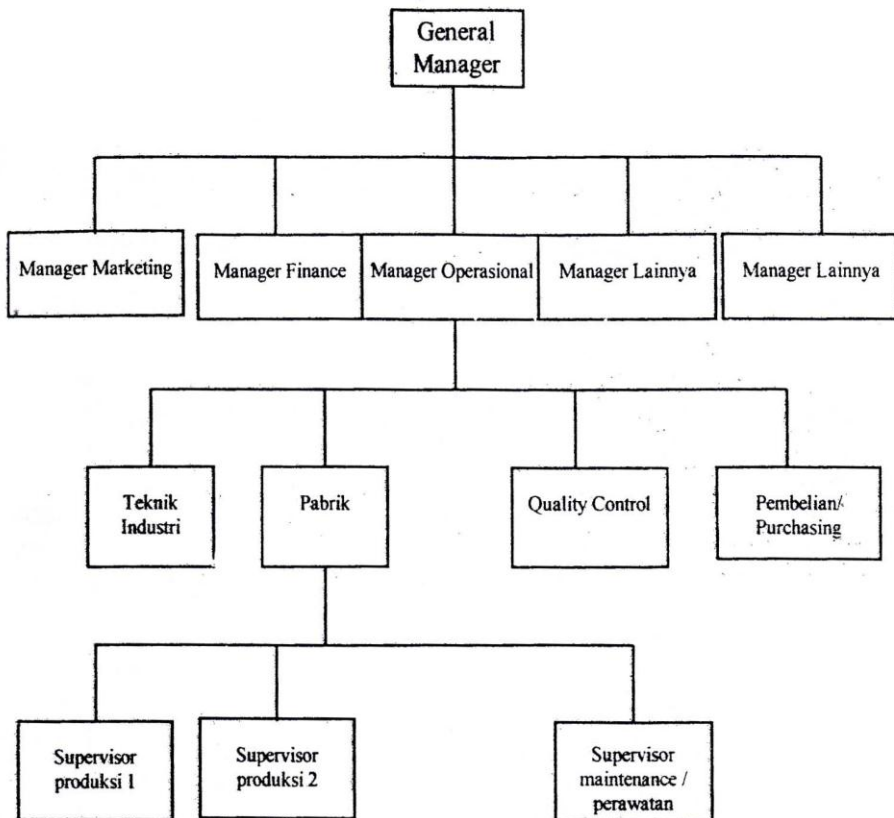
c. Perhitungan Performansi

- 1) Merancang perhitungan performansi untuk bidang-bidang kunci pada masing-masing unit organisasi.
- 2) Identifikasi faktor kunci yang menjadi faktor sukses dan menghitung keuntungan masing-masing unit.
- 3) Mengembangkan metode dan sistem untuk menganalisa data operasi semua unit dan interpretasi dari hasil yang didapatkan.
- 4) Menspesifikasi prosedur koreksi.
- 5) Mendisain laporan untuk semua tingkat manajemen.

d. Analisa

- 1) Menganalisa model sistem dan konstruksinya
 - a) Menjelaskan permasalahan yang sedang dipelajari.
 - b) Menentukan metode solusi yang sesuai.
 - c) Mengaplikasikan metode dasar solusi.
 - d) Mengerti semua asumsi yang terdapat dalam model dan metode solusinya.
 - e) Menginterpretasikan kesimpulan dari solusi permasalahan sesuai dengan asumsi yang digunakan.
- 2) Membuat studi stimulasi yang sesuai.
- 3) Membuat penelitian operasional yang sesuai.
- 4) Membuat analisa statistik.
- 5) Memperhatikan dinamika alami sistem yang sedang dipelajari dan masukan keistimewaan sistem tersebut dalam solusi yang ditawarkan.
- 6) Mengaplikasikan konsep intelegensia buatan dan sistem pakar yang sesuai.
- 7) Membuat rancangan percobaan sesuai dengan tujuan perusahaan untuk meningkatkan performansi seluruh perusahaan secara kontinyu.

Seseorang tidak mungkin dapat melakukan semua kegiatan tersebut diatas. Teknik dan sistem industri didisain untuk menyediakan prinsip-prinsip disain yang tergabung dalam aktivitas tersebut. Seorang *engineer* akan menspesialisasikan dirinya pada salah satu dari kegiatan tersebut diatas. Departemen teknik induistri akan mengkoordinasikan usaha dari masing-masing *engineer* tersebut untuk menyatukan berbagai pendapat tentang semua aktivitas-aktivitas tersebut.



Gambar 2.1. Struktur Organisasi Untuk Operasi Manufakturing

2.4. Sifat Alami Sebuah Sistem

Dalam bagian sebelumnya, kita telah berkali-kali menggunakan kata sistem. Kita mendiskusikan beberapa topik seperti “sistem aktivitas manusia”, “sistem manajemen kontrol” dan “sistem disain”. Untuk itu penting bagi kita untuk mengerti konsep dasar dari sistem tersebut.

2 4 1. Defenisi

Sistem dapat dikatakan sebagai kumpulan komponen yang berhubungan dengan beberapa bentuk interaksi yang bekerja bersama-sama dengan tujuan untuk mencapai tujuannya. Defenisi dari sistem seperti tersebut diatas masih memerlukan penjelasan lebih lanjut. Hubungan antara komponen-komponen sistem tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Temple ratur udara bergantung pada:
 - 1) Pentransfer panas pada dinding, langit-langit, lantai dan jendela.
 - 2) Input dan output panas untuk mengatur kegiatan pompa.
- b. Termostat tergantung pada
 - 1) Temple ratur udara.
 - 2) Setting atau pengaturan termostat.
- c. Status pompa tergantung pada:
 - 1) Termostat
 - 2) Ketersediaan listrik

2.4.2. Klasifikasi Sistem

Sistem dapat diklasifikasikan dengan cara yang berbeda-beda. Berikut ini ditampilkan persamaan dan perbedaan dari sistem.

a. Sistem alami dan sistem buatan manusia.

Sistem alami merupakan hasil dari proses alam, contohnya sungai. Sistem buatan manusia adalah sistem yang dibuat untuk membantu aktivitas manusia, contohnya danau. Sistem buatan manusia adalah sistem yang dibuat untuk membantu aktivitas manusia, contohnya jembatan yang dibuat untuk menyeberangi sungai.

b. Sistematis dan dinamis.

Sistem statis adalah sesuatu yang terstruktur tapi tidak memiliki aktivitas, contohnya jembatan. Sistem dinamis adalah sistem yang memiliki berbagai sifat/tingkah laku setiap waktu, contohnya keadaan ekonomi Amerika Serikat.

c. Sistem fisik dan abstrak.

Sistem fisik adalah sistem yang melibatkan komponen fisik, contohnya pabrik yang terdiri dari mesin, bangunan, orang-orang, dan

lain-lain. Sistem abstrak adalah sesuatu yang menggunakan simbol untuk merepresentasikan komponen sistemnya, contohnya gambar pabrik oleh seorang arsitek, yang terdiri dari garis, bayangan dan dimensi.

d. Sistem terbuka dan tertutup.

Sistem terbuka adalah sistem yang berinteraksi dengan lingkungan, membiarkan material, informasi dan energi untuk bergerak tanpa batas. Sistem tertutup adalah sistem yang berinteraksi sangat sedikit dengan lingkungannya..

2.5. Pengendalian Umpan Balik Dalam Sistem

Pada dasarnya semua sistem dibentuk untuk melakukan beberapa fungsi. Jam dibuat untuk tetap mengenali jalannya waktu. Bagian-bagian dari sistem jam tersebut mengatur jam untuk bergerak. Tetapi pada saat jam tersebut berjalan, belum tentu dia menunjukkan waktu yang benar, karena ketidaksempurnaan dari jam tersebut. Jam ini disebut sebagai sistem loop terbuka, karena dia tidak bisa membuat kontrol/modifikasi untuk dirinya sendiri. Gambar 2.2. menunjukkan diagram loop terbuka dan beberapa karakteristiknya.



Gambar 2.2. Sistem Loop Terbuka

Ciri-cirinya :

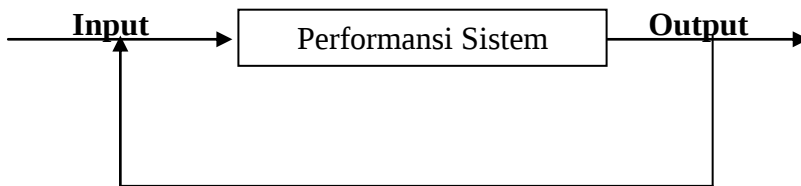
- Tidak peduli dengan performansinya sendiri
- Tindakan sebelumnya tidak mempengaruhi tindakan selanjutnya.
- Proses yang dilakukan tidak berarti apa-apa bagi pengendalian maupun modifikasi sendiri.
- $\text{Output} \neq f(\text{Input})$ tapi $\text{input} \neq f(\text{output})$

Contoh :

- Alat pemanggang - tidak tahu apa dia membakar panggangannya atau tidak.

- Jam - tidak dapat mengoreksi dirinya sendiri.
- Otomatisasi tanpa pengendali.

Banyak sistem yang dapat mengatur/memutuskan sendiri performansinya. Sistem ini disebut sebagai sistem loop tertutup. Sistem loop tertutup adalah sistem yang dapat mengontrol/memutuskan performansinya sendiri. Sistem *Air Conditioning* (AC) yang dijelaskan pada Gambar 2.2 yang merupakan sistem loop terbuka. Pada Gambar 2.3. diberikan gambar loop tertutup dan beberapa karakteristiknya.



Gambar 2.3. Sistem Loop Tertutup

Ciri-cirinya :

- Peduli dan sangat berpengaruh pada performansinya sendiri
- Hasil dari tindakan sebelumnya mempengaruhi tindakan selanjutnya.
- Memikirkan performansinya sendiri dan membuat keputusan secara otomatis
- $\text{Output} = f(\text{input})$ dan $\text{input} = f(\text{output})$

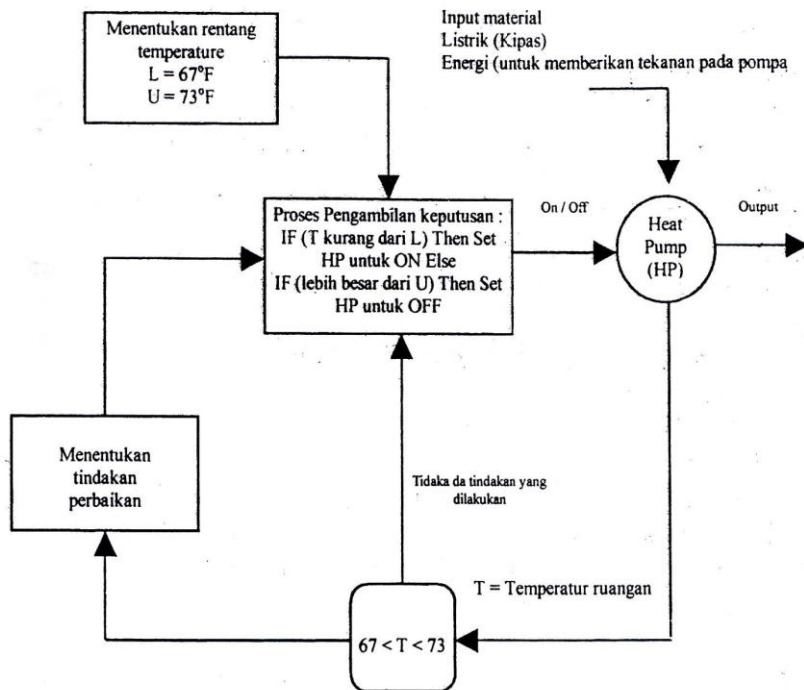
Contoh :

- Pemanggangan dengan operatornya memutuskan tingkat kematangan yang diinginkan.
- Jam dan pemiliknya – memutuskan waktu yang ditunjukkan sesuai dengan standard ya.
- Otomatis dengan pengendalinya.

Satu-satunya perbedaan antara diagram dalam Gambar 2.2. dan 2.3 adalah adanya umpan balik dalam Gambar 2.3. Umpan balik dapat dikatakan sebagai bagian dari sistem (output) yang berfungsi untuk membandingkan performansi aktual yang ingin dicapai (standar/kriteria) dengan output yang didapatkan dan menentukan modifikasi (tindakan koreksi) yang perlu dilakukan oleh sistem selanjutnya. Defenisi dari

umpan balik ini sangat panjang dan kompleks. Bahkan biasanya subyek ini dijadikan sebagai mata kuliah utama, khususnya bagi kurikulum Teknik Mesin dan Teknik Elektro.

Untuk mengilustrasikan konsep diatas, coba perhatikan lagi sistem *Air Conditioning* yang menggunakan pompa bertekanan untuk memanaskan maupun mendinginkan ruangan. Sebagai ilustrasi, sekarang kita hanya memperhatikan proses pengaturan tekanannya saja. Misalnya AC ini memerintahkan untuk tetap mempertahankan temperatur pada suhu 70°F. Untuk mencegah proses menghidupkan dan mematikan yang terlalu sering, thermostat diatur untuk mengalami fluktuasi antara suhu 67 sampai 73°F. Sebagai sistem loop tertutup dengan umpan balik, sistem ini digambarkan pada Gambar 2.4. yang digambarkan dengan cara yang lebih sederhana. Contohnya : proses pengambilan keputusan mungkin dibuat untuk menjaga agar sistem tetap menyala walaupun tidak ada tenaga. Proses ini mungkin juga akan menimbulkan terjadinya waktu tunggu sesuai dengan frekuensi aktivitas menghidupkan dan mematikan sistem.



Gambar 2.4. Sistem Kontrol Umpan Balik Untuk Sistem Pompa Bertekanan, Hanya Untuk Proses pengaturan Tekanan

Konsep umpan balik ini merupakan sesuatu yang sangat khusus. Pada awal bab ini kita menyatakan bahwa teknik dan sistem industri merancang sistem dalam 2 level. Level pertama adalah sistem aktivitas manusia, berhubungan dengan lingkungan fisik yang terdapat atau terjadi dalam aktivitas manusia. Level kedua adalah sistem kontrol manajemen, berhubungan dengan prosedur dalam pembuatan rencana, perhitungan dan pengawasan semua aktivitas dalam organisasi.

Ketika kita merancang sistem control manajemen, kita harus secara eksplisit menyediakan umpan balik berupa informasi yang dibutuhkan dalam proses pengambilan keputusan dan penentuan aktivitas yang akan dilakukan selanjutnya. Contohnya dalam proses produksi, kita menentukan rencana produkyang sesuai dengan output yang diinginkan.

Kemudian kita mengimplementasikan rencana tersebut. Setelah kegiatan atau operasi berlangsung beberapa waktu (misal 1 minggu) kita menghitung output/hasil aktual dan membandingkannya dengan output yang diinginkan (rencana/standar). Jika output aktual sesuai/masuk dalam rencana output yang diinginkan, maka kita perlu melakukan modifikasi dalam kegiatan operasional sistem. Jika ternyata output aktual tersebut benar-benar berbeda dengan output yang diinginkan, maka kita harus memutuskan tindakan koreksi atau perbaikan yang sesuai sebelum sistem tersebut melakukan tindakan selanjutnya.

BAB III

TEKNIK PRODUK (MANUFAKTUR)

3.1 Pengantar

Teknik manufakturing merupakan perancangan proses produksi sebuah produk. Teknik produksi/manufakturing mempelajari semua hal yang berhubungan dengan proses produksi, termasuk beberapa fungsi dibawah ini:

1. Mengevaluasi dapat tidaknya suatu produk diproduksi.
2. Memilih jenis dan menentukan parameter dari proses produksi tersebut, seperti material yang digunakan, alat potong, kedalaman pemotongan, dan lain-lain.
3. Merancang peralatan pembantu pekerjaan (*jig & fixture*) yang berfungsi untuk menjamin dan mengatur posisi dari benda kerja pada saat berlangsungnya proses produksi.
4. Mengestimasi biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi sebuah komponen (bagian) dari sebuah produk.
5. Menjamin kualitas dari produk yang diproduksi.

Saat ini perkembangan dan perubahan teknik produksi ini sangat cepat. Untuk meningkatkannya lagi merupakan hal yang sangat sulit untuk dilakukan. Dimasa yang akan datang seorang *engineer* akan menghabiskan 15-25% dari waktunya untuk mempelajari teknologi baru. Komputerisasi sistem pengendalian yang terintegrasi dan koordinasi kegiatan manufaktur merupakan area yang sangat cepat mengalami perubahan. Tapi perlu diketahui, walaupun teknologi baru saat ini semakin banyak yang berkembang, dasar-dasar dari teknologi tetap dipakai. Contohnya, pengendalian mesin terkomputerisasi yang sangat rumitpun masih tetap menggunakan teori dasar pemotongan logam. Sangat penting bagi seorang *engineer* untuk mengetahui dan mengerti dasar dari teknik produksi ini.

3.2. Interaksi Disain Produk Produksi

Disain produk memerlukan seseorang yang mengembangkan dan mengevaluasi kemampuan suatu komponen untuk diproduksi sesuai dengan fungsinya. Karakteristik komponen tersebut, ukuran, bentuk, kekuatan, keandalan, keamanan dan lain-lain, dievaluasi dengan menggunakan ilmu fisika, kekuatan suatu material, dan seterusnya serta seringkali menggunakan analisis terkomputerisasi.

Idealnya, seorang ahli teknik produksi seharusnya mendisain produk dari awal untuk mengetahui dapat tidaknya suatu produk diproduksi. Jika interaksi antara disainer dengan orang teknik produksi dapat dilakukan dari awal, maka seharusnya orang teknik produksi dapat menginformasikan dari awal biaya yang dibutuhkan untuk membuat sebuah komponen kepada disainer produk. Dengan informasi ini, seorang disainer akan dapat terhindar dari biaya produksi yang tinggi. Dalam proses disain produk, interaksi ini harus dilakukan seawal mungkin.

Penekanan nilai input dari tenaga kerja di lantai produksi sangat sulit untuk dilakukan dalam perencanaan dan implementasi sistem otomasi. Tidak ada yang lebih mengerti benar sebuah pekerjaan selain orang yang melakukannya.

3.3. Rekayasa Proses

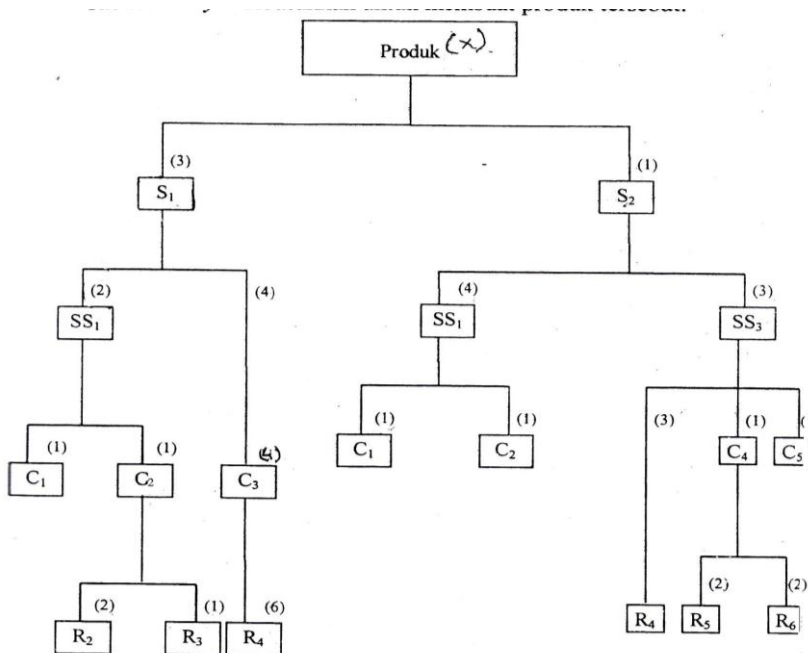
Dalam mendisain suatu produk, terdapat 6 urutan langkah yang harus dilakukan, yang terdiri dari :

1. Menentukan struktur produk yang harus dibuat
2. Menaksir kemampuan proses produksi dari masing-masing komponen
3. Mencatat semua proses masing-masing
4. Mengevaluasi biaya yang ditimbulkan oleh masing-masing alternatif produksi
5. Menentukan urutan tiap-tiap operasi yang harus dilakukan
6. Mendokumentasikan proses tersebut.

3.3.1. Menentukan Struktur dan Spesifikasi Produk

Struktur produk berbentuk peta hierarki yang menunjukkan semua sub assembly, sub-sub assembly, komponen, dan bahan baku yang digunakan dalam pembuatan suatu produk. Gambar 3.1 merupakan contoh dari struktur sebuah produk yang mengalami proses *assembly* (perakitan) dari 2 buah *sub assembly* (S_i), dan masing-masing *sub assembly* tersebut terbentuk dari *sub-sub assemblies* (SS_j), komponen (C_k) dan raw material (R_i).

Jumlah dari masing-masing item yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk pada level yang lebih tinggi juga ditunjukkan oleh struktur produk ini. Gambar 3.1 menunjukkan 3 dari *sub assembly* 1 dibutuhkan untuk masing-masing *sub assembly* 1. Ini berarti bahwa 6 unit dari *sub assembly* 1 dibutuhkan untuk membuat produk tersebut.



Gambar 3.1. Contoh Struktur Produk

3.3.2. Menilai Kemampuan Proses Manufaktur

Hal yang juga berpengaruh pada kemampuan produksi suatu produk adalah diutamakannya ukuran standar dalam pembuatan suatu produk. Contohnya jika sebuah lubang dalam sebuah komponen memiliki ukuran tertentu yang dapat dibuat dengan mesin drill yang memiliki ukuran yang sama, maka ongkos untuk proses drilling ini relatif akan lebih murah dibandingkan dengan drilling yang tidak memiliki ukuran standard. Begitu juga, jika kemungkinan suatu produk sebaiknya menggunakan material yang mudah didapat. Jika produk tersebut tidak dapat diproduksi dengan material yang mudah didapat, barulah digunakan material khusus. Keistimewaan dari masing-masing item haruslah diuji untuk menentukan fungsi yang dapat diambil dengan tujuan untuk memungkinkan didapatkan lebih banyak alternatif produksi, yang mungkin dapat menurunkan biaya produksi.

3.3.3. Menentukan Kemampuan Proses Dalam Memproduksi Sebuah Komponen

Dengan menguji spesifikasi masing-masing item dan kemampuan dari masing-masing proses, dapat dikembangkan, daftar proses yang mungkin dapat dilakukan. Dalam pengembangan daftar ini, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan, yaitu :

- a. Kesesuaian sifat antara material dengan proses yang digunakan.
- b. Kemampuan suatu proses untuk memproduksi dengan toleransi yang diijinkan.
- c. Rancangan ulang komponen yang dibutuhkan untuk memudahkan produksi dengan proses tersebut.

3.3.4. Evaluasi Biaya untuk Masing-masing Proses

Untuk mengevaluasi biaya masing-masing proses, terdapat 2 jenis biaya yang harus diperhatikan, yaitu biaya tetap, (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variable cost*). Biaya tetap adalah biaya yang tetap harus dikeluarkan berapapun jumlah produk yang akan diproduksi. Biaya variabel adalah biaya yang besarnya berubah-ubah tergantung dari jumlah produk yang dibuat.

Fixed cost dapat diketahui dengan menghubungi supplier dari mesin dan peralatan yang dibutuhkan. Mengestimasi tingkat biaya variabel (Rp/jam) dapat ditentukan dengan cara yang sama. Kondisi ini dapat ditunjukkan dengan persamaan.

$$\text{Total biaya} = \text{biaya tetap} + (\text{biaya variabel/unit} \times \text{jumlah unit yang diproduksi})$$

Contoh: Misal terdapat 3 jenis proses yang sedang dianalisa dan masing-masing biaya dari ketiga proses tersebut adalah sebagai berikut:

	Proses A	Proses B	Proses C
Biaya tetap	\$0	\$2.000	\$8000
Biaya/unit	10	8	5

Kita dapat menggunakan persamaan total biaya produksi masing-masing proses untuk menentukan *break event point* (BEP)

$$\text{Total biaya A} = 0 + 10x$$

$$\text{Total biaya B} = 2000 + 8x$$

Dimana x adalah jumlah produk yang harus diproduksi. Dengan dasar bahwa kedua proses tersebut, akan menimbulkan total biaya produksi yang sama, maka kedua persamaan tersebut dapat kita samakan sehingga nantinya kita akan mendapatkan nilai x yaitu :

$$0 + 10x = 2000 + 8x$$

$$2x = 2000$$

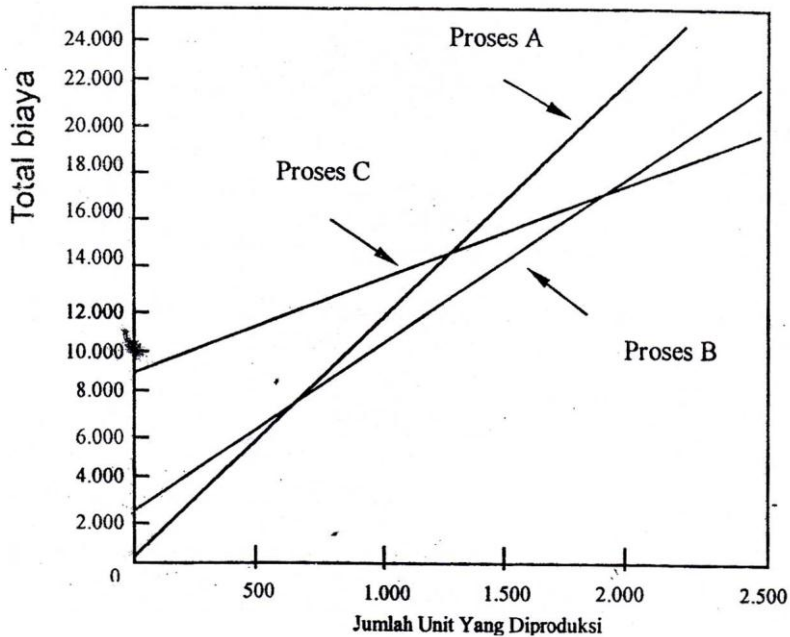
$$x = 1000$$

Perhitungan yang sama dapat juga digunakan untuk menentukan *break event point* antara proses B dengan C yaitu sebesar 2000.

$$2000 + 8x = 8000 + 5x$$

$$3x = 6000$$

$$x = 1000$$



Gambar 3.2 Total Biaya Dibandingkan dengan Jumlah Unit yang Diproduksi Untuk Tiga Jenis Proses

Biaya Variabel :

$$T_c \times r_{tm} + r_1 \times \frac{T_c}{T} + T_{dt} \times r_{tm} \times \frac{T_c}{T} + r_{tm} \times T_{dw} + r_{tm} \times T_a$$

Dimana

T_c = Waktu potong/komponen (menit)

T = Lamanya peralatan dapat digunakan (menit) sebelum tumpul.

r_{tm} = Biaya (Rp/menit) untuk menjalankan mesin, termasuk biaya operator.

T_{dt} = Waktu (menit) yang dibutuhkan untuk meletakkan mata pahat pada mesin (waktu untuk mengganti mata pahat).

r_1 = Biaya untuk 1 mata pahat.

T_{dw} = Waktu untuk menaikkan/menurunkan benda kerja

T_a = Waktu (menit) untuk menentukan/memposisikan peralatan pada masing-masing benda kerja.

Biaya ini berhubungan dengan parameter proses yang dipilih dalam operasi produksi. Kebutuhan untuk mengetahui hubungan antara kecepatan potong dengan umur alat diutarakan oleh FW Taylor, Bapak Teknik Industri pada sekitar awal abad 20. Hubungan ini dinyatakan dengan formula yang disebut sebagai “*Taylor's toll life equation*”, yaitu sebagai berikut :

$$C = Vt^n$$

Dimana :

C = Kecepatan potong (ft/menit) yang akan langsung membuat produk tumpul setelah satu menit pemakaian.

V = Kecepatan potong (ft/menit) yang akan digunakan dalam proses.

T = Kemungkinan umur alat jika alat dioperasikan dengan kecepatan potong V.

n = Konstanta yang tergantung dari material yang dipotong dan bahan dari alat potong itu sendiri.

Jika panjang potongan pada benda kerja dinyatakan dengan L, $T_c = L/V$, dan jika persamaan tersebut kita sesuaikan dengan persamaan Taylor,

$$T = \left(\frac{C}{V} \right)^{1/n}$$

Maka kedua variabel tersebut dapat kita substitusikan sebagai berikut:

Biaya komponen :

$$\frac{L}{V} r_{1.m} + r_t \frac{L}{V} \left(\frac{C}{V} \right)^{-1/n} + T_{dt} \cdot r_{1.m} \frac{L}{V} \left(\frac{C}{V} \right)^{-1/n} + r_{1.m} \cdot t_{dt} + r_{1.m} \cdot t_a$$

Dengan hanya terdapat 1 variabel V dalam persamaan, kita dapat membuat persamaan diferensial (turunan) untuk nilai V. Turunan pertama disamakan dengan nol, sehingga nilai optimal akan ditemukan. Kemudian kita daparkan :

$$V = C \left(\frac{n}{1-n} \right)^n \left(\frac{r_{1.m}}{r_{1.m} T_{dt} - r_1} \right)^n$$

Contoh :

Terdapat komponen dari baja 1020 berdiameter 3 inchi yang memiliki 2 bagian kaki yang harus mengalami proses pemesinan dengan alat potong berkecepatan tinggi.

Asumsikan :

$$C = 225 \text{ ft/min} \quad r_{1.m} = 1 \text{ \$/min} \quad r_t = \$4$$

$$n = 0,105 \quad T_{dt} = 3 \text{ min}$$

$$\begin{aligned} V &= 225 \left(\frac{0,105}{1 - 0,105} \right) \left(\frac{1}{(1)(3) - 4} \right) \\ &= (223) (0,7976) (0,8152) \\ &= 146,2 \text{ ft/min} \end{aligned}$$

Selanjutnya waktu untuk memotong komponen menggunakan tingkat kecepatan (penggantian alat untuk tiap perputaran benda kerja) 0.05 in/rev :

$$\text{Jumlah perputaran untuk pemotongan 24 inchi : } \frac{24}{0,05} = 480$$

$$\text{Rev/min untuk kecepatan potong 146 ft/min: } \frac{146 \text{ ft / min}}{\pi \left(\frac{3}{12} \right) \text{ ft / rev}} = 186 \text{ rev/min}$$

$$\text{Waktu untuk pemotongan (Tc) : } \frac{480}{186} = 2,58 \text{ min}$$

$$\text{Umur alat potong (T) : } \sqrt{\frac{C}{V}} = 0,105 \sqrt{\frac{225}{146}} = 61,5 \text{ min}$$

Jika :

$T_{dt} = 3$ menit,

$T_{dw} = 1$ menit,

$r_{1.m} = \$1/\text{min}$,

$T_a = 2$ min, dan

$r_t = \$1/\text{tepi}$,

maka:

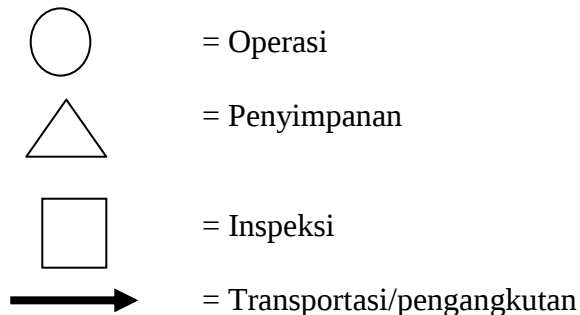
Total biaya :

$$= \frac{L}{V} r_{1.m} + r_t \frac{L}{V} \left(\frac{C}{V} \right)^{-1/m} + T_{dt} \cdot r_{1.m} \frac{L}{V} \left(\frac{C}{V} \right)^{-1/n} + r_{1.m} \cdot t_{dt} + r_{1.m} \cdot t_a$$
$$= \$7,87$$

3.3.5. Menentukan Urutan Operasi

3.3.5.1 Mendokumentasikan Proses

Salah satu caranya adalah dengan membuat peta proses operasi (*operation process chart*)



Gambar 3.3 Proses-Proses Produksi

Proses yang termasuk disini adalah proses pemisahan dan pencampuran logam (*refining and alloying*), pencetakan (*casting*), pembentukan (*forming*), pemotongan (*cuting*), pengelasan (*welding*) perakitan/*assembly*, dan *finishing*.

1. Pemisahan dan Pencampuran

Karena sifat dari berbagai jenis logam itu sangat penting, maka pengujian untuk berbagai sifat tersebut juga merupakan hal yang sangat penting. Beberapa sifat yang seringkali diuji adalah :

- a. *Tensile Strength* (Kekuatan Tarik) yaitu kemampuan suatu logam untuk menahan proses penarikan.
- b. *Hardness* (Kekerasan) adalah kemampuan suatu material untuk menahan perlakuan penekanan.
- c. *Impact Resistance* (Kekuatan Impact) adalah kekuatan material untuk menyerap energi.
- d. *Malleability* (Kelunakan) kemampuan suatu produk untuk dibentuk atau diperpanjang.
- e. *Fatigue Resistance* (Ketahanan Terhadap Kelelahan) adalah kemampuan suatu material untuk menahan berbagai perlakuan yang berulang-ulang.
- f. *Corosion Resistance* (Ketahanan Terhadap Korosi) adalah kemampuan suatu material untuk menahan proses korosi.

2. Pencetakan

Langkah pertama dalam proses produksi adalah proses pembentukan logam sesuai dengan bentuk yang diinginkan, kemudian jika perlu dilakukan proses perbaikan/finishing untuk mendapatkan bentuk yang lebih halus. Pencetakan merupakan salah satu cara untuk membentuk suatu benda dengan menuangkan logam yang telah dicairkan kedalam cetakan dan membiarkan material tersebut memadat. Pencetakan merupakan proses yang sudah lama dilakukan, tapi tetap merupakan metode yang paling ekonomis dan efektif membentuk suatu material.

Salah satu jenis cetakan pasir dengan beberapa bagian-bagiannya. Masing-masing bagian tersebut adalah :

- | | |
|--------------|---|
| <i>Flask</i> | : Rangka dimana cetakan tersebut dibuat |
| <i>Cope</i> | : Bagian atas dari flask |
| <i>Drag</i> | : Bagian bawah dari flask |
| <i>Cheek</i> | : Bagian tengah dari flask |

<i>Riser</i>	: Tempat penyimpanan logam cair untuk menyediakan cairan logam tambahan pada saat logam memadat dan mengerut.
<i>Pouring Basin</i>	: Daerah dimana logam yang telah meleleh dituangkan.
<i>Sprue</i>	: Saluran vertikal tempat mengalirnya logam yang telah meleleh
<i>Runner</i>	: Saluran horisontal sebagai tempat mengalirnya logam yang telah meleleh.
<i>Gate</i>	: Tempat masuknya logam kedalam cetakan.

3. Pembentukan Logam (Metal Forming)

Rolling-Rolling adalah proses penekanan yang menyebabkan logam menjadi lebih panjang dengan melewati 2 atau lebih roller diatas logam. *Shaped rolls* (roll pembentuk) dapat digunakan untuk memproduksi berbagai bentuk, misalnya I-beams.

4. Pemotongan Logam

Shearing - merupakan proses pemotongan logam dengan menggunakan tekanan/dorongan antara dua tepi logam yang tajam *Blanking, parting, punching,, nibbling, notching*, dan pengguntingan sepanjang garis lurus semuanya adalah proses *shearing*.

Turning - merupakan proses pemotongan dengan memutar benda kerja pada alat potong dan pemotongan material dilakukan dengan memakan alat potong pada benda kerja atau memakan benda kerja pada alat potong. Operasi ini biasanya dilakukan pada mesin bubut yang biasanya akan sekaligus dilakukan proses *facin countur turning, threading, parting, drilling, knurling*, dan lain-lain.

Drilling - merupakan proses membuka, melebarkan atau membuat sebuah lobang. Proses ini biasanya diasosiasikan dengan sebuah proses dimana alat yang digunakan akan bergerak turun dan benda kerja diam di tempat. Ketika benda ditekan, ini dikenal sebagai kegiatan turning. Operasi ini biasanya dilakukan pada mesin drilling bertekanan atau mesin bor.

Shaping dan Planning. Dalam proses ini, permukaan logam akan dipotong dengan aksi yang berulang-ulang. Biasanya permukaan logam ini rata, tapi walaupun demikian permukaan yang tidak rata pun dapat diproses dengan cara ini. Dalam proses *shaping*, kerja berulang-ulang sementara alat potongnya yang akan tetap di tempat.

Milling - merupakan proses pemotongan dengan menggunakan alat potong yang berputar-putar yang terdiri dari beberapa yang terputus-putus. Biasanya benda kerja yang dimakankan pada alat potongnya, tapi kadang kala proses ini dilakukan terbalik.

Branching - proses ini sama dengan *milling*, yaitu proses pemotongan yang menggunakan alat potong bergerigi. Tapi dalam hal ini alat *branching* tidak berputar-putar, melainkan memotong dengan cara menarik atau mendorong alat potong tersebut.

Grinding - merupakan proses pembentukan logam menjadi logam yang lebih kecil dengan mengilingkan/menggosokkan material abrasive secara berulang-ulang pada material. *Grinding* penting digunakan pada material yang terlalu keras jika diproses dengan metode yang lain, untuk memperbaiki kondisithir permukaan atau untuk mendapatkan toleransi yang sangat dekat. Alat yang biasanya digunakan untuk menajamkan peralatan rumah tangga merupakan contoh sederhana dari proses grinding.

Operasi lainnya - saat ini telah banyak berkembang berbagai metode yang lebih rumit dalam proses pembentukan logam. Contohnya *electro discharge machining*, *electro chemical machining*, *electrolytic grinding*, *photoetching*, dan *chemical milling*. Proses-proses ini tidak akan dibahas dalam bab ini.

5. Pengelasan

Electric arc - Merupakan proses *welding* antara elektrode dengan benda kerja/dengan menggunakan *electric arc*. *Arc* ini akan menimbulkan panas yang sangat tinggi yang dapat melelehkan logam dan dengan proses pendinginan akan terbentuk sambungan diantara

kedua logam tersebut. Dalam beberapa kasus, elektrode akan mengeluarkan logam pengisi dan kadang-kadang akan membentuk kerak yang berfungsi untuk melindungi hasil pengelasan.

Resistance welding - Dalam resistance welding, aliran listrik dialirkan diantara 2 buah logam yang diletakkan bersama-sama dibawah tekanan. Kekuatan listrik akan dialirkan secara kontinyu di permukaan logam yang akan menghasilkan panas dan tekanan yang dapat menyambungkan kedua logam tersebut.

Beam Welding - Proses ini mendapatkan tekanan dengan cara memakan benda kerja dengan *electron beam welding* atau dengan cahaya energi tinggi pada (*laser welding*). Kedua cara ini sudah dapat ditemukan dimana-mana, tapi aplikasinya masih sangat terbatas.

Thermic welding - Merupakan proses *welding* dengan membentuk sebuah lubang pada logam yang akan dilas dan logam cair dimasukkan dalam lubang tersebut untuk membentuk las. Logam, cair tersebut biasanya berupa besi, baja/tembaga dan proses pengelasan ini biasanya sangat baik digunakan pada komponen dalam jumlah banyak.

Pressure welding - Dalam proses *welding* ini, 2 komponen digabungkan dengan menggunakan tekanan dengan atau tanpa sumber tekanan dari luar. Tekanan tersebut harus cukup kuat untuk menghilangkan semua ketidaksesuaian diantara kedua logam tersebut. Contoh *pressure welding* yang baik adalah *friction welding*.

Gas Welding - Pada gas *welding* digunakan gas yang mudah terbakar yang dibakar dengan oksigen dalam nyala api (*flame*). *Flame* ini digunakan untuk menekan kedua logam dan sebagai pengisi bagi las yang akan terbentuk.

Brazing dan Soldering - Pada *brazing* dan *soldering* logam pengisi dilelehkan dan ditambahkan dalam area yang dilas. Logam pengisi adalah logam yang memiliki tingkat leleh lebih rendah dibandingkan

dengan logam yang akan dilas. Dengan demikian logam yang dilas tidak akan meleleh dan ketika material pengisi menjadi dingin dan memadat, dia akan bertindak sebagai lem yang berfungsi untuk menyambung kedua logam atau komponen yang dilas.

6. Assembly/Perakitan

Perakitan merupakan proses dimana berbagai komponen dan sub assembly digabungkan agar menjadi rakitan/produk yang lengkap. Karena terdapat banyak sekali proses perakitan, maka semua itu tidak akan dijelaskan secara mendetail dalam buku ini.

Sebagai contoh, *welding* kadang dapat juga disebut sebagai proses perakitan. Walaupun hanya menyangkut sedikit sambungan yang sifatnya permanen. Pengeleman, penyambungan dengan paku keling, penyambungan dengan sekrup, dan penyambungan dengan paksa merupakan contoh dari proses perakitan. Seorang ahli Teknik Produksi harus mengetahui berbagai proses ini serta mengerti keuntungan dan kerugian dan masing-masing proses ini.

Di pabrik, perakitan mungkin dilakukan pada sistem batch, dimana proses perakitan akan dilakukan secara terputus-putus atau dalam proses yang kontinyu dalam lini perakitan. Seorang ahli Teknik Produksi harus mengetahui bagaimana caranya mengembangkan lini perakitan.

7. Finishing

Honing dan *lapping* merupakan 2 proses dimana material pengampelas digosokkan untuk mendapatkan permukaan yang lebih baik. *Honing* dan *lapping* sama dengan proses *grinding*, hanya disini kecepatannya lebih rendah dan komponen tidak mendapatkan tekanan yang berlebihan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kondisi akhir permukaan logam. Proses *finishing* lain yang sering dilakukan adalah proses penggosokkan (*polishing*), pengilapan (*buffing*), penyikatan (*brushing*) dan penggulingan (*tumbling*).

Bentuk *finishing* lainnya adalah proses pembersihan dan pelapisan. Tujuan dari proses pembersihan adalah untuk menghilangkan kotoran yang mungkin telah terkontaminasi pada benda kerja. Proses ini biasanya dilakukan sebelum proses pelapisan. Kegiatan pembersihan yang sering dilakukan adalah *spraying* (penyemprotan), *vapor degreasing* (Penguapan), dan *pencelupan* (misal dengan menggunakan larutan asam).

Tujuan dari proses pelapisan adalah untuk mendekorasi, melindungi, memberikan tekstur atau untuk memberikan sifat-sifat lainnya. Pengecatan dan pelipatan merupakan proses pelapisan yang paling sering dilakukan.

Metalizing (proses pelapisan permukaan logam dengan logam cair) serta proses *phasphating* dan *shromating* (formula untuk mencegah korosi pada logam yang Juga merupakan salah satu jenis cat penyambung yang sangat baik) merupakan contoh lain dari proses yang sering dilakukan.

3.4. Fungsi-fungsi Tambahan

Ahli Teknik Produksi/manufaktur telah membentuk berbagai alat selain alat-alat yang telah disebutkan diatas. Beberapa diantaranya adalah disain *tool*, *jig* dan *fixture*, estimasi biaya, disain sistem perawatan dan disain sistem pengepakan.

3.4.1. Disain Tool, Jig dan Fixture

Disain tool adalah perancangan alat bantu produksi yang dapat dioperasikan dengan cara yang paling efektif dan ekonomis.

3.4.2. Estimasi Biaya

Biaya produksi ini terdiri dari 3 bagian, yaitu:

a. Bahan baku

Bahan baku langsung adalah bahan baku yang langsung digunakan dan berubah menjadi produk. Contohnya kayu yang diolah menjadi pencil dan buku. Bahan baku tidak langsung adalah bahan-bahan lain yang ikut menunjang proses produksi. Seperti bahan pembersih lantai produksi, finer cat untuk membersihkan kuas, dan lain-lain.

b. Tenaga kerja

Tenaga kerja langsung adalah tenaga kerja yang ikut terlibat langsung dalam proses pembuatan sebuah produk. Contohnya operator mesin bubut yang melakukan langsung proses produksi atau tukang cat yang bertugas mengecat produk yang dibuat. Tenaga kerja tidak langsung adalah semua tenaga kerja lainnya. Contohnya tenaga maintenance (perawatan), mandor, instruktur, dan lain-lain.

c. Overhead

Overhead merupakan semua biaya produksi selain biaya material langsung dan tenaga kerja langsung. Biaya tenaga kerja dan material tidak langsung termasuk biaya overhead.

3.4.3. Disain Sistem Perawatan (*Maintenance*)

Perawatan produk ini disebut sebagai *preventive maintenance*. Beberapa peralatan ini terkadang harus diturunkan dan diperbaiki secepatnya karena ada kerusakan yang sifatnya tiba-tiba. Perbaikan ini disebut dengan *emergency maintenance*.

Emergency maintenance akan menimbulkan biaya yang lebih besar dibandingkan dengan *preventive maintenance*, karena akan menimbulkan interupsi produksi, penjadwalan ulang pekerjaan dan tenaga kerja, dan lain-lain. Tujuan utama dari *preventive maintenance* adalah untuk memperpanjang umur peralatan dan meminimasi jumlah dari *emergency maintenance*. *Preventive maintenance* yang sering dilakukan, seperti pemberian minyak pelumas pada peralatan dan inspeksi bantalan mesin akan dapat meminimasi jumlah penghentian produksi karena *emergency maintenance*.

3.4.4 Sistem Pengepakan (*Packing*)

Sistem pengepakan merupakan fase terakhir dalam teknik produksi/manufaktur. Dalam hal ini pengepakan produk jadi harus didisain untuk melindungi produk selama proses pengiriman dan untuk menjamin produk tersebut tidak rusak pada saat sampai di tempat tujuan. Seorang disainer pengepakan harus mengerti berbagai material yang digunakan, teknik disain pengepakan dan biaya dari berbagai tipe pengepakan. Dia juga harus mampu mengatur stasiun kerja pengepakan yang efektif dan efisien.

Pengepakan saat ini telah menjadi area yang sangat luas. Ini terlihat dari banyaknya program-program pengembangan teknik pengepakan di berbagai negara dan kebutuhan akan insinyur pengepakan yang semakin tinggi. *“Pengepakan yang paling baik adalah tanpa pengepakan”* adalah kalimat yang seringkali kita dengar.

3.4.5. Aplikasi Komputer

Komputer telah mengubah proses produksi dalam berbagai hal. Komputer seringkali digunakan untuk mengontrol proses produksi. Contohnya, mini komputer saat ini dapat digunakan untuk memprogram pengambilan keputusan secara otomatis sebuah proses, dengan menggunakan sistem umpan balik. Hal ini sering dilakukan pada proses-proses di industri-industri, misalnya di pabrik kertas. Walaupun kontrol numerik (penggunaan pita yang dilubangi untuk mengatur operasi mesin) bukan merupakan proses terkomputerisasi, program komputerlah yang telah menterjemahkan bahasa kontrol numerik dan secara otomatis melubangi pita tersebut, proses yang sangat sulit dilakukan jika harus dikerjakan secara manual.

Trend yang ada saat ini adalah penggunaan komputer dan teknik kontrol produksi yang terintegrasi untuk mengoperasikan pabrik otomatis secara keseluruhan. Ini berarti komputerlah yang akan menjadwalkan, mengurutkan, dan akan menjadi pusat kontrol mesin, robot, dan pusat proses permesinan otomatis. Di masa yang akan datang penggunaan komputer dalam teknik manufaktur akan sangat luas dan tidak terbatas.

BAB IV

LOKASI DAN TATA LETAK FASILITAS

4.1. Pengertian Fasilitas

Fasilitas adalah sesuatu yang dibuat untuk melayani suatu tujuan. Manajemen fasilitas adalah keputusan mengenai lokasi dan komposisi/ tata letak internal dari fasilitas tersebut. Bab ini akan membahas tentang penentuan lokasi dan tata letak dari sebuah fasilitas. Permasalahan lokasi yang akan dibahas dalam bab ini adalah seperti yang akan terlihat pada Tabel 4.1.

Keputusan yang diambil selalu dibuat dalam dua tingkat, yaitu (1) Penentuan lokasi secara umum, (2). Penentuan lokasi yang dipilih dari ketersediaan lokasi secara umum, (3) tata letak fasilitas produksi.

Tabel 4.1
Dua Tahap Pertimbangan dalam Pemilihan Lokasi Pabrik

No	Faktor-faktor pemilihan lokasi	Pemilihan Teritorial	Pemilihan Tempat Dan Komunitas
1.	Pasar	*	
2.	Bahan Baku	*	
3.	Transportasi	*	*
4.	Sumber Tenaga	*	*
5.	Iklim dan Bahan Bakar	*	
6.	Tenaga Kerja dan Upah	*	*
7.	Hukum dan Pajak		*
8.	Pelayanan dan Adat Masyarakat		*
9.	Air dan Limbah		*

Perlu juga diketahui bahwa keputusan yang baik sangat tergantung pada kasus yang dihadapi. Contohnya : pabrik keripik kentang akan memiliki biaya pemindahan *raw material*/bahan baku yang tidak mahal, tapi biaya transportasi untuk produk jadi nya lebih mahal. Dengan demikian lokasi yang lebih optimal untuk pabrik kentang tersebut mungkin adalah tempat yang lebih dekat dengan pasar.

Tim yang bertugas mempelajari pemilihan lokasi ini dapat saja melibatkan seorang ahli akuntan, pengacara, ahli pemasaran, konsultan, eksekutif dan orang teknik industri. Dengan adanya bermacam-macam keahlian ini, orang teknik industri tidak diharuskan memiliki pengetahuan di segala bidang. Bahkan orang teknik industri nantinya hanya akan dimanfaatkan untuk memberikan pendapat dan pengetahuan dalam kegiatan operasional dan dalam pemilihan teknik-teknik analisa.

4.2. Teknik-Teknik Analisa

Teknik analisa adalah prosedur pencarian solusi yang melibatkan perhitungan yang sangat hati-hati dari permasalahan yang dihadapi biasanya, dengan cara memecahkan permasalahan tersebut menjadi beberapa komponen dengan menggunakan matematika untuk mendapatkan solusi yang terbaik.

Berbagai permasalahan pemilihan lokasi dapat dibedakan atas berbagai kriteria dan parameter. Masing-masing formulasi biasanya memiliki prosedur pemilihan lokasi yang unik dan paling tidak merupakan modifikasi dari teknik/prosedur lainnya. Karena terdapat berbagai permasalahan pemilihan lokasi, hanya beberapa permasalahan yang akan dibahas disini. Pertama kali akan dilakukan proses pembagian strata yang mungkin untuk dilakukan dalam permasalahan penentuan lokasi pabrik.

Biasanya, kriteria/tujuan yang digunakan dalam penentuan lokasi ini adalah untuk meminimasi beberapa fungsi biaya. Seringkali jarak tempuh digunakan sebagai fungsi biaya. Dalam hal ini minimasi total

jarak yang ditempuh akan menjadi fungsi tujuan. Kadang-kadang terdapat pula fungsi tujuan yang bertujuan untuk meminimasi total jarak maksimum yang ditempuh (contohnya penentuan lokasi stasiun pemadam kebakaran atau rumah sakit dimana jarak maksimum/jarak yang mendapatkan respon yang paling buruk adalah hal yang paling penting).

Stratifikasi lain yang mungkin dapat dilakukan adalah dalam penentuan metode perhitungan jarak yang dapat dipergunakan. Kadang pengukuran jarak dengan menggunakan metode *Straight Line* lebih cocok untuk digunakan. Jika dua buah lokasi terletak pada titik-titik yang dinyatakan dengan (X_1, Y_1) dan (X_2, Y_2) , maka jarak kledian diantara kedua titik tersebut adalah :

$$[(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2]^{1/4}$$

Sedangkan jarak rectilinearnya adalah :

$$|X_1 - X_2| + |Y_1 - Y_2|$$

4.2.1. Metode Transportasi Program Linear

Formulasi permasalahan penentuan lokasi pabrik sebagai permasalahan transportasi program linear dengan meminimasi total biaya produksi dalam pendistribusian produk adalah hal yang relatif mudah. Dalam kasus ini, formulasi progama linear transportasi dipergunakan untuk mendapatkan pola pendistribusian yang paling baik. Total biaya dihitung pada berbagai lokasi, selanjutnya lokasi dengan biaya yang paling minimal yang akan dipilih.

Contoh : misal perusahaan Waterstill Manufakturing harus memilih salah satu dari 2 alternatif lokasi pabrik yang ada, yaitu di Youngstown, Ohio, dan Sparta, South Carolina. Selanjutnya biaya produksi dan distribusi untuk berbagai *warehouse* tersebut dapat dihitung seperti terlihat pada tabel dimana semua informasi tersebut didapatkan dari perhitungan yang cermat berdasarkan hasil peramalan serta biaya produksi dan distribusi.

Tabel 4.2
Biaya Produksi dan Distribusi Per *Water Softener*

Ke Dari	Was- hington	Cleve- land	Lin- coln	San Francisco	Phoe nix	Kapasitas Mingguan	Biaya Produksi
Tulsa	5,00	3,00	2,00	3,00	2,00	7,000	\$75,00
Temple	6,50	5,00	3,50	1,50	0,20	5,500	\$70,00
Youngstown	1,50	0,50	1,80	6,50	5,00	12,500	\$70,00
Sparta	3,80	5,00	8,00	7,50	8,00 1	12,500	\$67,00
Ramalan Permintaan Mingguan	5,000	6,000	4,000	7,000	3.000		

Untuk memformulasikan permasalahan ini menjawab permasalahan program linear transportasi, sebelumnya perlu diketahui adanya syarat tambahan, yaitu :

- (1) Lokasikan pabrik di Youngstown
- (2) Lokasikan pabrik di Sparta.

Untuk itu terdapat dua permasalahan transportasi, satu dengan lokasi pabrik di Sparta dan satunya lagi dengan lokasi pabrik di Youngstown.

Perhatikan masing-masing biaya produksi dan distribusi untuk masing-masing lokasi. Jika pabrik di Tulsa memproduksi dan mengirimkan barang ke Washington, total biayanya akan menjadi :

$$\$75.00 + \$5.00 = \$80$$

Produksi + Distribusi = Total

Biaya dalam matriks biaya transportasi akan menjadi \$80 untuk kombinasi Tulsa-Washington. Untuk kombinasi Tulsa-Cleveland , biayanya adalah :

$$\$ 75.000 + \$ 3.00 = \$ 78.00$$

Sedangkan untuk Temple-Lincoln, biayanya adalah :

$$\$ 70.000 + \$ 3.50 = \$ 73.50$$

Tabel 4.3.
Formulasi Transportasi-Pabrik di Youngstown

Ke Dari	Washington	Cleveland	Lincoln	San Francisco	Phoenix	Kapasitas Mingguan
Tulsa	80.00	78.00	77.00	78.00	77.00	7.000
Temple	76.50	75.00	73.50	71.50	70.50	5.500
Youngstown	71.50	70.50	71.80	76.50	75.00	12.500
Permintaan (Mingguan)	5.000	6.000	4.000	7.000	3.000	25.000

Nilai di bagian pojok atas dari masing-masing kotak menunjukkan total biaya transportasi, total biaya produksi dan distribusi/unit. Nilai pada kolom kapasitas pabrik merupakan kemampuan produksi untuk masing-masing pabrik dan nilai pada baris *demand* merupakan permintaan dari masing-masing *warehouse*. Total kapasitas harus sama dengan total permintaan, dan ini penting dalam prosedur pemecahan masalah. Jika total permintaan tidak sama dengan total kapasitas, harus ditambahkan pabrik/*warehouse* yang memiliki biaya nol dan diberikan kapasitas *demand* tambahan untuk menyeimbangkan permintaan *warehouse* dengan kapasitas pabrik-pabrik. Misalkan :

Ke Dari	Washington
Tulsa	80.00 5000

Berarti 5000 unit produk diproduksi oleh pabrik di Tulsa, dan dikirim ke *warehouse* di Washington, dengan total biaya 5000 unit x \$80,00/unit = \$400.000,00.

Langkah pertama dalam prosedur *Least Cost Assignment* adalah mencari kombinasi yang menimbulkan biaya yang paling rendah dan mengalokasikan sebanyak mungkin demand/kapasitas sampai batas maksimalnya. Kemudian *demand* dan kapasitas masing-masing kombinasi tersebut dikoreksi sesuai dengan pengalokasian yang telah dilakukan. Kemudian prosedur tersebut diulangi lagi dengan yang cara yang sama.

Contohnya :

Kombinasi Temple-Phoenix merupakan kombinasi yang memiliki biaya yang paling minimal, yaitu sebesar \$70,20 per unit: Temple dapat memproduksi 5500 unit, tapi Phoenix hanya membutuhkan 3000 unit, sehingga hanya 3000 unit yang akan dialokasikan dalam kombinasi tersebut.

$$2.500 (77) + 4.500 (78) + 2.500 (71,50) + 3.000 (70,20) + 5.000 (71,50) + 6.000 (72) + 1.500 (74,5) = \$1.821,050$$

$$4.000 (77) + 3.000 (78) + 2.500 (71,50) + 3.000 (70,2) + 5.000 (70,80) + 6.000 (72) + 1.500 (74,5) = \$1.829,100$$

Tabel 4.4.
Solusi Untuk Masalah Transportasi Menggunakan
***Least Cost Assignment* -Youngstown**

Ke Dari	Washington	Cleveland	Lincoln	San Francisco	Phoenix	Kapasitas Mingguan
Tulsa	80,00	78,00	(6) 77,00 2.500	(7) 78,00 4.500	77,00	7.000
Temple	76,50	75,00	73,50	(4) 71,50 2.500	(1) 70,20 3.000	5.500
Youngstown	(3) 71,50 5.000	(2) 70,50	(5) 71,80 1.500			12.500
Permintaan (Mingguan)	5.000	6.000	4.000	7.000 76,50	3.000 75,00	Total 25.000

Tabel 4.5.
Solusi Untuk Masalah Transportasi Menggunakan
Least Cost Assignment -Sparta

Ke Dari	Washington	Cleveland	Lincoln	San Francisco	Phoenix	Kapasitas Mingguan
Tulsa	80.00	78.00	(6) 77.00 2.500	(7) 78.00 3.000	77.00	7.000
Temple	76.50	75.00	73.50	(3) 71.50 2.500	(1) 70.20 3.000	5.500
Sparta	(2) 70.80 5.000	(4) 72.00 6.000	(5) 75.00 1.500			12.500
Permintaan (Mingguan)	5.000	6.000	4.000	7.000 74.50	3.000 75.00	Total 25.000

Langkah pertama adalah membuat daftar semua faktor-faktor penting dalam pemilihan lokasi. Beberapa faktor penting telah tersedia - *Rees* menyebutnya sebagai 21 faktor non-biaya dan *Moore* juga mengeluarkan daftar yang menurutnya merupakan 36 faktor penting dalam pemilihan sebuah lokasi pabrik. Daftar faktor-faktor yang disebut oleh *Reed* adalah seperti terlihat pada Tabel 4.6. dibawah ini:

Tabel 4.6
Daftar Faktor Faktor yang Disebut oleh Reed

1. Kedekatan Dengan Pasar	12. Gereja dan aktivitas religius
2. Kedekatan dengan bahan baku	13. Kesempatan berekreasi
3. Tersedianya sumber tenaga	14. Rumah
4. Iklim	15. Kemungkinan untuk mendapatkan serangan udara
5. Ketersediaan air (85%)	16. Adat masyarakat
6. Ketersediaan modal	17. Kebiasaan lokal
7. Momentum awal mulai	18. Hukum tenaga kerja
8. Perlindungan kebakaran	19. Pertumbuhan komunitas di masa yang akan datang.
9. Perlindungan keamanan	20. Fasilitas pengobatan
10. Sekolah dan Perguruan Tinggi	21. Fasilitas transportasi tenaga kerja
11. Aktivitas kesatuan	

4.2.2. Program Matematis

Model yang akan ditunjukkan dibawah ini didapatkan dari *Efroymsen* dan *Rays* tapi masih banyak pengarang lain yang juga mengamati permasalahan yang sama.

Notasi yang digunakan dalam model tersebut ditunjukkan sebagai berikut :

M = Jumlah pelanggan

N = Jumlah tempat pabrik yang potensial (ditentukan lebih dulu)

K_j = Biaya tetap untuk membuka pabrik di j

X_{ij} = Prosentase/fraksi dari demand konsumen i jika dipenuhi oleh pabrik j .

y_j = 0 jika pabrik berlokasi di j , 1 jika pabrik berlokasi di j

c_{ij} = Biaya untuk memenuhi total kebutuhan pelanggan i oleh pabrik j .

Tugas

Dari Ke	Lokasi Potensial Pabrik	Baton Rouge	Cookeville	Kansas City
Warehouse Site		(1)	(2)	(3)
Norfolk				
(1) Chicago		85.000	75.000	100.000
(2) Seattle		95.000	85.000	40.000
(3) Baton Rouge		200.000	185.000	185.000
(4)		10.000	70.000	60.000
Biaya Tetap Untuk Membuka Pabrik		60.000	50.000	65.000

Karena biaya tetap untuk membuka pabrik 1 adalah \$ 60.000, maka biaya tetap untuk pabrik 1 adalah \$ 60.000 y_1 , dan total biaya tetap adalah :

$$60.000 y_1 + 50.000 y_2 + 65.000 y_3$$

Total biaya merupakan penjumlahan antara biaya tetap dengan biaya variabel.

$$\begin{aligned} 85.000 x_{11} &+ 75.000 x_{12} + 100.000 x_{13} + 95.000 x_{21} + 85.000 x_{22} \\ &+ 40.000 x_{23} + 200.000 x_{31} + 185.000 x_{32} + 185.000 x_{33} \\ &+ 10.000 x_{41} + 70.000 x_{42} + 60.000 x_{43} + 60.000 y_1 \\ &+ 50.000 y_2 + 65.000 y_3 \end{aligned}$$

m persamaan pembatas pertama ($m = 3$) menyatakan bahwa total jumlah yang dikirim dari pabrik tidak boleh melebihi total permintaan atau pabrik tersebut harus sudah pasti telah dibuka sbelum melakukan pengiriman. pembatas-pembatas ini adalah :

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} &\leq 4 y_1 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} &\leq 4 y_2 \\ x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} &\leq 4 y_3 \end{aligned}$$

Persamaan selanjutnya merupakan pembatas bahwa semua demand/ permintaan harus dipenuhi.

$$\begin{aligned} x_{11} + x_{12} + x_{13} &= 1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} &= 1 \\ x_{31} + x_{32} + x_{33} &= 1 \\ x_{41} + x_{42} + x_{43} &= 1 \end{aligned}$$

Dan pembatas 0, 1 dan non negatif adalah

$$\begin{array}{llll} y_1 = 0,1 & x_{11} \geq x_{21} \geq 0 & x_{31} \geq 0 & x_{41} \geq 0 \\ y_2 = 0,1 & x_{12} \geq x_{22} \geq 0 & x_{32} \geq 0 & x_{42} \geq 0 \\ y_3 = 0,1 & x_{13} \geq x_{23} \geq 0 & x_{33} \geq 0 & x_{43} \geq 0 \end{array}$$

Jika semua persamaan tersebut digabungkan akan menjadi :

$$\begin{aligned} \text{Minimize TC} = & 85.000 x_{11} + 75.000 x_{12} + 100.000 x_{13} \\ & + 95.000 x_{21} + 85.000 x_{22} + 40.000 x_{23} \\ & + 200.000 x_{31} + 185.000 x_{32} + 185.000 x_{33} \\ & + 10.000 x_{41} + 70.000 x_{42} + 60.000 x_{43} \\ & + 60.000 y_1 + 50.000 y_2 + 65.000 y_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Subject to : } & x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} \leq 4y_1 \\
& x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} \leq 4y_2 \\
& x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} \leq 4y_3 \\
& x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1 \\
& x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1 \\
& x_{31} + x_{32} + x_{33} = 1 \\
& x_{41} + x_{42} + x_{43} = 1 \\
& y_1 = 0,1 \\
& y_2 = 0,1 \\
& y_3 = 0,1 \\
& x_{11} \geq x_{21} \geq 0 \quad x_{31} \geq 0 \quad x_{41} \geq 0 \\
& x_{12} \geq x_{22} \geq 0 \quad x_{32} \geq 0 \quad x_{42} \geq 0 \\
& x_{13} \geq x_{23} \geq 0 \quad x_{33} \geq 0 \quad x_{43} \geq 0
\end{aligned}$$

Prosedur solusi untuk formulasi ini sederhana, tapi pengembangannya bukanlah merupakan hal yang penting untuk mengertikan model ini. Dengan menggunakan prosedur pencarian solusi dan perhitungan yang mendalam, solusi optimal untuk permasalahan ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\dot{y}^1 &= 1, & \dot{y}^2 &= 0 & \dot{y}^3 &= 1 \\
\dot{x}^{11} &= 1, & \dot{x}^{23} &= 1 & \dot{x}^{33} &= 1 & \dot{x}^{41} &= 1 \\
\dot{x}^{12} &= \dot{x}^{13} = \dot{x}^{21} = \dot{x}^{22} = \dot{x}^{31} = \dot{x}^{32} = \dot{x}^{42} = \dot{x}^{43} &= 0
\end{aligned}$$

4.3. Pengenalan Tata Letak Fasilitas

Daftar dibawah ini akan memberikan beberapa contoh dari elemen-elemen biaya tersebut, yaitu :

1. Biaya konstruksi (bangunan)
2. Biaya instalasi (jaringan)
3. Biaya penanganan material (*material handling*)
4. Perluasan dimasa yang akan datang.
5. Biaya produksi.

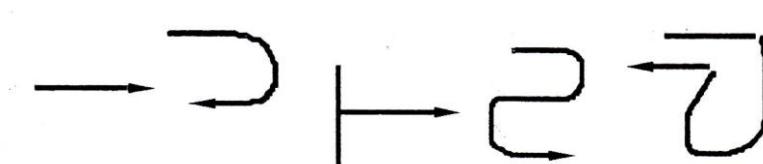
6. Biaya downtime mesin.
7. Biaya penyimpanan produk dalam proses.
8. Biaya penyimpanan *safety stock*.
9. Biaya pengawasan.

Pertama, biaya penanganan material biasanya sangat besar dan terjadi dari tahun ke tahun. Ini berbeda dengan biaya-biaya lainnya, seperti biaya konstruksi yang hanya sekali/tidak sering.

Kedua, biaya instalasi sangat mudah untuk dihitung. Biasanya, biayanya proporsional dengan jarak tempuh dan perhitungan jarak merupakan hal yang mudah jika tata letak fasilitas tetap didapatkan.

Ketiga, biaya *material handling* merupakan biaya yang dipengaruhi oleh tata letak itu sendiri. Karena biaya *material handling* proporsional dengan jarak tempuh, layout memberikan pengaruh yang nyata pada total biaya yang dibutuhkan.

Terdapat 2 jenis aliran layout yang penting, yaitu aliran produk dan aliran proses. Layout aliran produk digunakan jika produk yang sama diproduksi dalam jumlah yang sangat besar. Dalam layout ini mesin dan peralatan disusun sehingga terdapat aliran material yang kontinyu sesuai dengan kebutuhan pabrik tersebut. Pabrik kertas, perusahaan susu, pabrik semen, dan pabrik perakitan otomotif merupakan contoh yang baik dari layout aliran produk. Tujuan utama dari kasus ini adalah untuk meminimasi biaya *material handling* dengan mengatur peralatan sesuai dengan urutan proses. Berbagai tipe aliran dapat dibuat dan Gambar 4.1 hanya menunjukkan sebagian kecil saja.



Gambar 4.1 Aliran Produk

Dalam hal ini, lini aliran akan bervariasi sesuai dengan item yang sedang diproduksi pada saat itu. Dalam situasi ini, sangat logis untuk meletakkan mesin yang sama bersama-sama dalam satu tempat. Contohnya, semua mesin bubut diletakkan dalam satu area, semua mesin drill presses diletakkan di tempat lainnya, dan seterusnya.

Pabrik susu Whitmore, Floyd Virginia telah memutuskan untuk memindahkan operasinya ke pabrik yang lebih modern. Membuat model ulang dan menata ulang fasilitas lama merupakan hal yang ingin dilakukan, tapi tidak memungkinkan karena umur fasilitas dan bangunan yang sudah tua. Dengan menggunakan fasilitas baru, 4 jenis produk akan diproduksi. Keempat produk itu, bersama dengan peramalan jumlah permintaan yang didapatkan dari data umum lainnya, digambarkan oleh Tabel 4.8. Untuk memproduksi produk-produk tersebut dibutuhkan peralatan-peralatan sebagai berikut:

1. Alat untuk proses Pasteurisasi (1)
2. Alat untuk proses Homogenevasi (1)
3. Tangki penyimpanan hasil proses Pasteurisasi (1)
4. Mesin filling (3) untuk menempatkan produk dalam. Karton
5. Pendingin (1)
6. Perlengkapan laboratorium (lengkap untuk 1 lab) untuk menguji produk.
7. Produk sampingan peneampuran lemak dan peralatan lain untuk memproduksi keju dan buttermilk.

Tabel 4.7.
Data Jumlah Produk Untuk Whitemore Diary

Produk	Jumlah saat ini	Pertumbuhan	Uraian
Susu	4.200 gal/hari	3% per tahun	Dipak dalam kotak ukuran 1/2 pint, 1 quart dan 5 gal. Diterima 4.000-6.000 gal dengan truk di pagi hari, disimpan dulu sampai dipakai. Biasanya terdapat 1 truk yang masuk dan 20 truk yang keluar setiap hari (untuk semua produk). Waktu operasi normalnya adalah 14 jam (semua produk)
Juice	1.000 gal/minggu	5% untuk 3 tahun pertama dan 3% untuk tahun-tahun berikutnya.	Lihat susu untuk deskripsi pengepakannya.
Keju	1.000 lb/minggu	1% per tahun	Pertumbuhan yang rendah dan memiliki kemungkinan untuk dihentikan produksinya.
Mentega	300 gal	3% per tahun	Lihat susu untuk deskripsi pengepakannya.

Perusahaan telah menyewa anda untuk ikut dalam pembuatan layout. Perusahaan sangat ingin bekerjasama dengan anda dan menyediakan semua data yang menurut anda sangat penting. Pekerjaan anda adalah untuk menentukan lokasi peralatan yang dapat meminimasi total biaya yang ditimbulkan.

4.3.1 Layout Aliran Produk

Keuntungan-Keuntungannya :

- a. Karena layoutnya berhubungan dengan urutan operasi, terbentuk lini dengan aliran yang logis

- b. Karena pekejaan dari satu proses dilanjutkan ke stasiun kerja berikutnya, maka hanya terbentuk sedikit persediaan dalam proses.
- c. Total waktu produksi per unit rendah.
- d. Karena mesin diletakkan dengan tujuan untuk meminimasi jarak antara operasi yang berurutan akan mengurangi proses *material handling*.
- e. Dalam lini produksi hanya dibutuhkan operator dengan ketrampilan rendah. Karena itu, pelatihannya sederhana, singkat dan mudah.
- f. Perencanaan produksi yang sederhana dan sistem kontrol yang sederhana mungkin untuk dilakukan.
- g. Hanya dibutuhkan ruang atau area yang kecil untuk tempat transit pekerjaan dan penyimpanan berkala.

Batasan-batasannya

- a. Breakdown 1 mesin akan menyebabkan berhentinya seluruh lini produksi yang mengikutinya.
- b. Karena layout ditemukan oleh produknya, perubahan dalam disain produk akan menyebabkan perubahan yang sangat besar bagi layout.
- c. Kecepatan produksi ditentukan oleh mesin yang paling lambat.
- d. Pengawasan dilakukan secara umum/tidak terspesialisasi
- e. Diperlukan biaya investasi yang sangat besar, karena mesin yang identik (dengan tingkat utilitas rendah) dibutuhkan sepanjang lini produksi.

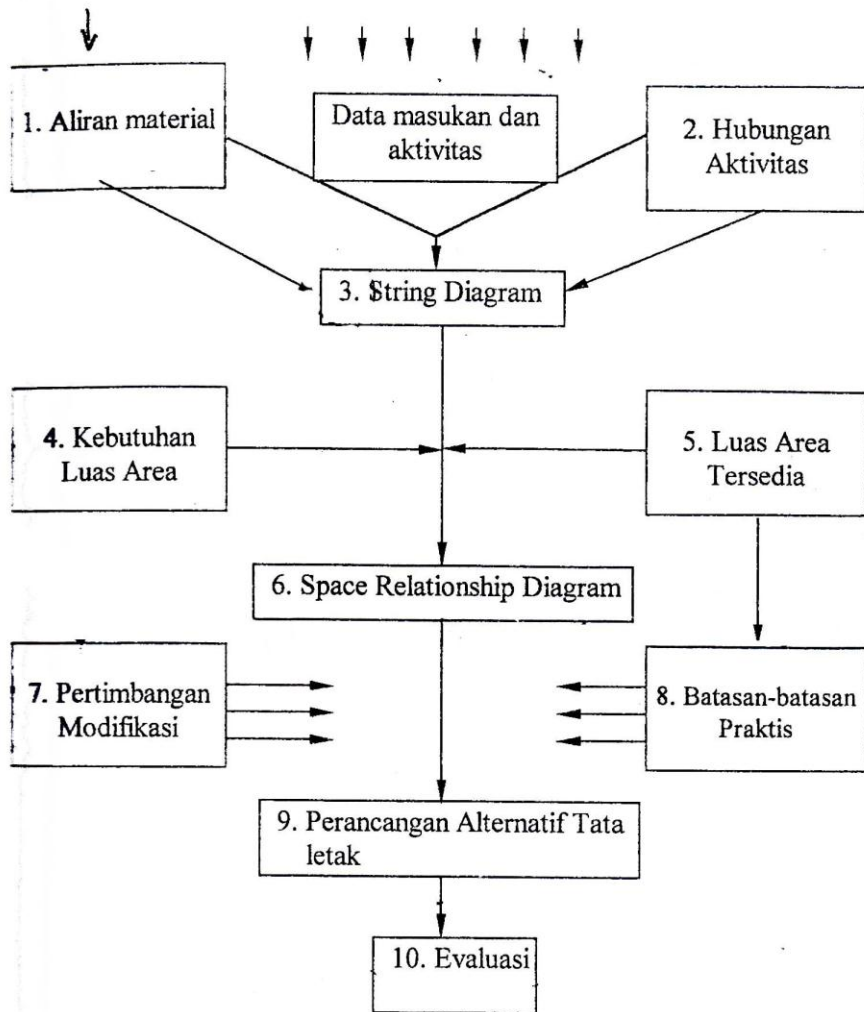
4.3.2 Layout Aliran Proses

Keuntungan-keuntungannya:

- a. Utilitas mesin yang lebih baik menyebabkan dibutuhkannya mesin dalam jumlah yang lebih sedikit.
- b. Tingkat fleksibilitas yang tinggi relative dengan peralatan/alokasi sumber daya manusia untuk berbagai pekerjaan.
- c. Dibutuhkan investasi yang relatif lebih rendah
- d. Diversifikasi pekerjaan menawarkan pekerjaan yang lebih menarik dan memuaskan bagi operator.
- e. Pengawasan yang terspesialisasi mungkin untuk dilakukan.

Batasan-batasannya :

- a. Karena lini proses yang lebih panjang, biaya *material handling*nya lebih besar.
- b. Proses perencanaan dan sistem control lebih terkait
- c. Waktu proses total biasanya lebih lama
- d. Terbentuk persediaan dalam proses yang jumlahnya lebih banyak
- e. Ruang dan modal akan sangat besar penggunaannya untuk persediaan dalam proses
- f. Karena diversifikasi pekerjaan dari departemen yang terspesialisasi dibutuhkan tenaga kerja dengan tingkat keterampilan yang tinggi.



Gambar 4.2 Prosedur Perencanaan Layout Sistematis

SIMBOL**ARTI**

= Proses Operasi



= Transportasi (hanya untuk peta aliran proses)



= Proses Inspeksi

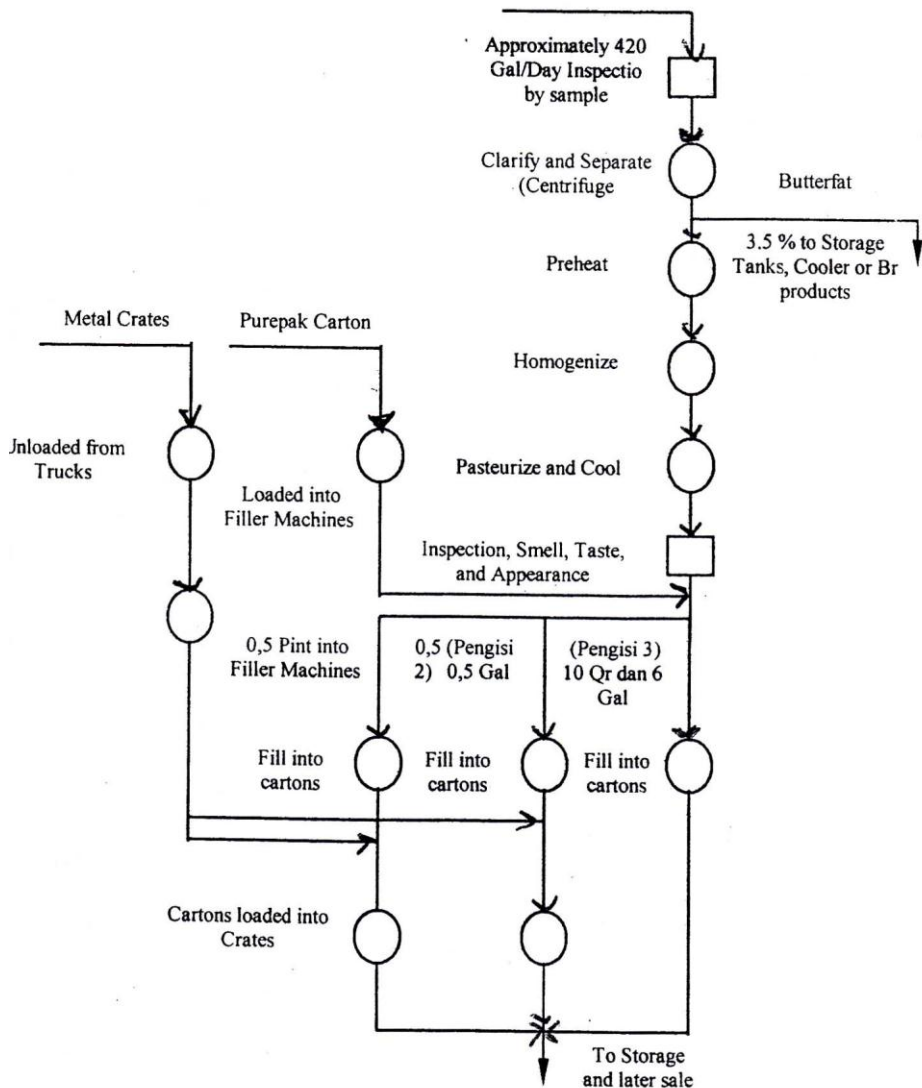


= Menunggu (Delay) (hanya untuk peta aliran proses)



= Penyimpanan

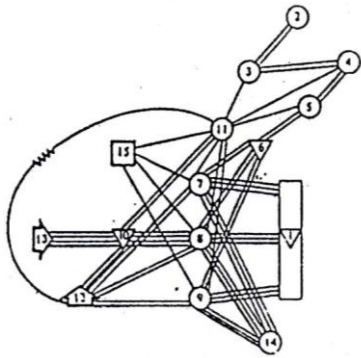
Gambar 4.3. Simbol-simbol dalam Peta Proses



Gambar 4.4. Peta Proses Operasi yang Menggambarkan Proses Pembuatan Susu di Whitemore Dairy

Tabel 4.8.
Peta Aliran untuk Proses Pembuatan Juice

Simbol	Deskripsi	Jarak	Faktor-faktor lainnya	Keterangan
	Menurunkan Juice Dari Truk Tank			
	Pendinginan	25 ft		Dengan truk tangan. Kenapa tidak dengan pompa ? Kurang dari 1 minggu
	Menunggu Untuk Digunakan			
	Menuju penyimpanan tangki pasteurisasi	30 ft		Dengan truk tangan. Kenapa tidak dengan pompa ?
	Dicampur			
	Diperiksa untuk quality control			
	Dipompa ke dalam mesin filling.	20 ft		Conveyor dengan sumber tenaga.
	Masukkan dalam karton.			
	Menuju tempat pendinginan.	20 ft		
	Disimpan			Kurang dari rata-rata 24 jam
	Menuju truk			
	Dimasukkan dan dikirim.	15 ft		Conveyor dengan sumber tenaga.

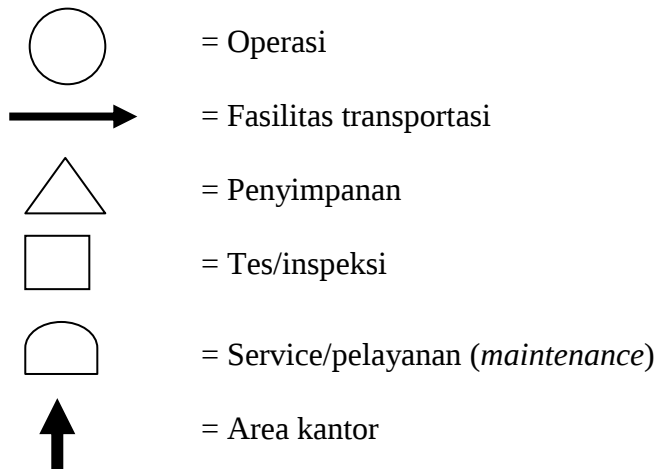


Keterangan :

- (1) Pengiriman
- (2) Penerimaan
- (3) Persediaan
- (4) Penyimpanan
- (5) Pemasaran
- (6) Unloading/loading
- (7) Pasteurisasi
- (8) Homogenisasi
- (9) Restran
- (10) Approsimately

Gambar 4.5. Peta Aliran untuk Proses Pembuatan Juice

Catatan : 15 dan 12 dapat diubah dengan sedikit usaha, 7,8, dan 9 memiliki A (4 garis) hubungan dengan 10 (tidak digambar)



Gambar 4.6. String Diagram untuk Whitemore Diary

4.4. Perencanaan Layout Terkomputerisasi (Sebuah Pilihan)

Salah satu keuntungan dari SLTP adalah kemungkinan untuk membuat layout dengan berdasarkan pada diagram hubungan antar ruangan yang berbeda dari yang telah dibuat pada langkah 6. Semakin banyak diagram hubungan antar ruangan yang dikembangkan, semakin banyak keputusan yang bagus yang dapat dibuat. Untuk itu pembentukan layout dengan menggunakan komputer merupakan sesuatu yang sangat berguna. Sistem terkomputerisasi membuat diagram hubungan antara yang dikembangkan pada langkah 1 (tergantung dari sistem mana yang dipakai) dan membuat beberapa bentuk layout. Layout tersebut dapat dinilai dan dibandingkan oleh komputer dan atau oleh analis layout. Keputusan akhir harus dibuat manajer. Keuntungan utama dari penggunaan komputer terletak pada jumlah alternatif yang terbentuk, dan perbedaan-perbedaan yang ada dengan ide-ide yang telah ada sebelumnya.

Terdapat berbagai jenis program pembuatan layout terkomputerisasi dan jumlahnya terus berkembang sampai saat ini. Dalam bukunya, Francis dan White membahas 3 diantaranya, yaitu ALDEP, CORELAP dan CRAFT. Pada dasarnya ALDEP dan CORELAP merupakan program pembuatan layout tipe “konstruksi” yang membuat layout garisan-garisan sedangkan CRAFT merupakan program pembuatan layout tipe “pengembangan” yaitu membuat layout dengan cara membuat layout awal terlebih dahulu, baru kemudian dilakukan pengembangan-pengembangan. Beberapa program lainnya misalnya RUGR, LOADT, PLANET, LSP, DAN RMS COMP 1. Hanya satu program, yaitu ALDEP, yang akan dibahas pada kesempatan ini. Program ALDEP dikembangkan oleh IBM dan dipresentasikan oleh Seehaf dan Evans. ALDEP dipilih untuk dipresentasikan karena program ini merupakan program yang pertama kali dikembangkan dan relatif sederhana dan mudah untuk dimengerti.

Terdapat beberapa versi ALDEP yang tersedia. Salah satu yang terpilih untuk diaplikasikan di Whitemore merupakan program yang dipilih untuk penempatan departemen pertama yang ditentukan berdasarkan pada seleksi random. Selanjutnya peta hubungan aktivitas (Gambar 4.23 yang biasanya disebut sebagai *Rel Chart*) ditinjau kembali untuk mendapatkan departemen yang memiliki tingkat kedekatan yang paling tinggi (A/E) dengan departemen yang telah ditentukan sebelumnya. Jika salah satu telah ditentukan, departemen tersebut ditempatkan dan *Rel Chart* ditinjau kembali untuk mendapatkan departemen lain yang memiliki tingkat kedekatan yang tinggi. Jika dalam satu waktu tidak terdapat departemen yang memiliki tingkat kedekatan yang tinggi, artinya layout yang dibuat telah selesai/selanjutnya dilakukan penyelesaian random lainnya.

111	455	555		
111	444	555	1	S
111	444	555	2	AS
112	444	555	3	IES
222	333	555	4	UOUS
222	333	555	5	IUUES
222	333	555		

S Implies "Same"

Gambar 4.7. Contoh Rel Chart dan Layout untuk Program ALDEP

Bagian paling penting dari program ALDEP adalah pemberian nilai pada masing-masing alternatif layout. Dalam pemberian nilai ini, program hanya memperhatikan kedekatan tertentu dan memberikan nilai untuk masing-masing kedekatan tersebut.

A =64 0= 1
E = 16 U=0
C =4X=-1,024

Sebagai contoh, layout sederhana dan *Rel Chart* memiliki tingkat kedekatan dan skor sebagai berikut :

Departemen	Nilai	Departemen	Nilai
1 -4	0	3-5	0
1 -2	64	4-5	16
2-3	16	3 -4	0
2-4	1		

Total nilainya adalah $= (0+64+16+1+0+16+0)2$
 $=144$

Jumlah nilai tersebut harus dikalikan 2 karena program menghitung tingkat kedekatan 2 kali. (Contoh hubungan kedekatan 1-4 sama dengan 4-1).

Masukan dasar dalam program ALDEP adalah:

1. Garis vertikal dengan ketebalan tertentu. Dalam hal ini digunakan tingkat ketebalan 3, tapi dengan menggunakan tingkat ketebalan lainnya, layout yang berbeda bisa didapatkan.
2. Rel chart.
3. Kebutuhan area masing-masing departemen. Anda mengembangkan nilai ini dengan bekerjasama dengan pihak manajemen Whitemore atau pabrik susu lainnya.

Tabel 4.9
Kebutuhan Area Tiap-Tiap Departemen Untuk Whitemore Diary

Departemen	Area (F_t^2)
1. Penyimpanan Karton	100
2. Area unloading	50
3. Penyimpanan bahan baku susu	100
4. Homogenisasi	50
5. Pasteurisasi	50
6. Tangki penyimpanan pasteurisasi	90
7. Mesin filling 1.	100
8. Mesin filling 2	100
9. Mesin filling 3.	50
10. Pendingin	300
11. Ruangan produk sampingan	300
12. Restroom	30
13. Area Truck sampingan	40
14. Loading ke peti besi	40
15. Laboratorium	50

BAB V

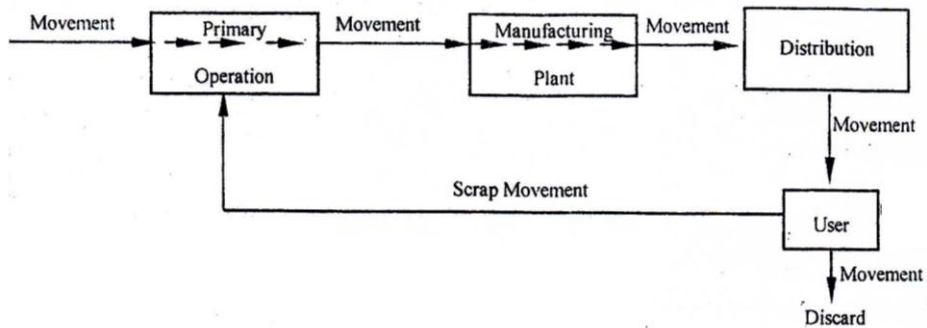
PEMINDAHAN MATERIAL, DISTRIBUSI DAN PENENTUAN RUTE

5.1. Manajemen Perpindahan Material

Bab ini akan menjelaskan mengenai manajemen perpindahan material dalam sebuah organisasi. Perpindahan material terjadi setiap produk/komponen bergerak dari satu tempat ke tempat lainnya. Perpindahan material seringkali menimbulkan biaya antara 5 sampai 90% dari total biaya produksi, dengan rata-rata biasanya sebesar 25%. Karena tidak adanya suatu pekerjaan yang diselesaikan ketika suatu produk bergerak. Perpindahan ini merupakan sesuatu yang tidak produktif, atau dengan kata lain, rata-ratanya sebuah pabrik akan menghabiskan 25% tiap dolarnya untuk perpindahan ini.

Perpindahan material terjadi pada semua siklus proses manufaktur produk, baik itu sebelum maupun sesudah proses produksi. Bahan baku juga biasanya bergerak dari bentuk aslinya sampai pada suatu bentuk tertentu sebelum akhirnya dapat diolah di pabrik. Setelah selesai diproduksi, produk dipindahkan/didistribusikan pada berbagai pemakai. Setelah suatu produk selesai masa pakainya, produk ini harus dibuang/didaur ulang. Untuk proses pembuangan ini, perlu dilakukan satu atau lebih perpindahan sebelum material tersebut benar-benar dibuang, tapi untuk proses daur ulang, terjadi kembali perpindahan ke bagian utama yang bertujuan untuk proses perbaikan ke sifat-sifat semula. Proses inilah yang disebut sebagai perputaran perpindahan material.

Hal ini ditunjukkan oleh Gambar 5.1. Perhatikan bahwa perpindahan terjadi pada semua perputaran. Contohnya perpindahan tidak hanya terjadi antar phase, tetapi ini juga terjadi di dalam phase itu sendiri (Contohnya : *material handling* yang terjadi di dalam pabrik). Diagram ini disederhanakan dengan hanya menunjukkan distribusi sebagai sebuah kotak, padahal sesungguhnya distribusi ini melibatkan atau terdiri dari beberapa kotak misal, grosir, retailer, gudang, ruang regional dan lain-lain).



Gambar 5.1. Arah Pergerakan Material

Perpindahan tentu saja tidak terbatas hanya pada sektor usaha. Bus sekolah yang membawa anak-anak dari dan menuju sekolah juga merupakan perpindahan material yang penting, begitu juga dengan tukang sapu jalan, tukang surat dan perpustakaan keliling. Semua ini merupakan contoh perpindahan yang membutuhkan energi dan harus diatur dengan baik.

Contoh 5.1.

Menjadi seorang manajer yang cerdas yang sangat mengkhawatirkan masalah biaya, anda harus selalu awas dengan uang yang anda keluarkan dan selalu mencoba untuk memotong pengeluaran anda jika memungkinkan. Sebelum anda membuat studi tentang perpindahan material, pernahkah anda menyadari seberapa pentingkah area ini. Anda dapat melihat bahwa perpindahan tersebut terjadi saat anda mendapatkan semua *raw material* dan komponen-komponen yang anda beli untuk kebutuhan pabrik dan juga terjadi di dalam pabrik itu sendiri. Didalam pabrik, anda mungkin mendapatkan jumlah perpindahan material mendekati 25% dari total biaya produksi dan pekerjaannya yang sedikit atau bahkan tidak produktif sama sekali ini termasuk dalam perpindahan tersebut. Akhirnya anda mungkin akan mendapatkan biaya produksi menjadi sangat tinggi dan penghematan ini akan mungkin dapat dilaksanakan jika ditangani dengan baik oleh manajemen teknik industri.

5.2. Konsep-Konsep Penggunaan Perlengkapan *Material handling*

1. *Conveyors* - Gravitasi atau peralatan yang menggunakan sumber energi tertentu berguna untuk memindahkan material dari satu titik tetap menuju titik tetap lainnya (walaupun Conveyors dapat dipindah-pindahkan dan dapat bergerak dari waktu ke waktu). Akan lebih bermanfaat jika kita memindahkan material sejenis (tidak bervariasi) dalam satu rute dan dalam tingkat kecepatan yang relatif konstanta.
2. Truk Industri - Kendaraan (baik manual atau yang membutuhkan sumber tenaga tertentu) digunakan untuk memindahkan material dengan berbagai bentuk dimana proses pemuatan barang dilakukan secara terputus-putus (intermittent). Penggunaan conveyors atau peralatan produksi massal lainnya akan sangat berguna jika tipe produk yang diangkut sesuai dengan perlengkapan yang digunakan. Job shop, contohnya, truk industri merupakan alat transportasi yang sangat berguna.
3. *Cranes dan Hoist (Katrol)* - peralatan *overhead lifting* yang dipergunakan untuk memindahkan beban di area yang tetap. Peralatan ini sangat berguna untuk memindahkan produk atau beban yang memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi secara terputus-putus. Perlengkapan jenis ini akan membutuhkan atap dengan jarak yang tinggi dan jenis atap atau bentuk bangunan tertentu.
4. *Container dan rak* - peralatan yang digunakan untuk menyimpan material-material penting dan juga digunakan untuk menyatukan sejumlah barang untuk disimpan atau digunakan. Rak merupakan alat penyimpanan yang dapat memperbaiki penggunaan dari area untuk penyimpanan (meningkatkan utilitas dari tinggi ruangan).
5. *Elevator dan Lift* - Peralatan yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan material. Walaupun peralatan, seperti *fork trucks, conveyors, cranes* dan *hoist* juga

merupakan sebuah lift, peralatan lift yang dimaksud disini menggunakan kekuatan dari bawah dan berada tetap pada satu lokasi.

6. *Automatic Guided Vehicles (AGVs)* - Kendaraan yang tidak memerlukan pengemudi, mampu bergerak dengan pola-pola tertentu, dan mampu melakukan beberapa kegiatan yang ditentukan. Biasanya, AGVs bukanlah alat yang pintar, karena mereka hanya dapat bergerak ke tempat dimana mereka dibawa dan hanya mampu melakukan aktivitas-aktivitas dalam jumlah yang terbatas, seperti “berhenti pada titik A”
7. *Automatic Storage dan Retrieval System (ASRS)* - adalah sistem penyimpanan pada rak dimana lokasi penyimpanan dan catatan dari inventornya dilakukan oleh sistem kontrol. Ketika sebuah produk dibutuhkan, komputer secara otomatis mencari lokasi penyimpanan dan sistem tanpa pengemudi atau secara otomatis akan mendapatkan produk tersebut. Begitu pula sebaliknya ketika sebuah produk akan disimpan. Sistem ini sangat terkenal saat ini dan sangat berguna untuk mengurangi biaya waktu kerja dan untuk mendapatkan sistem penyimpanan yang baik.

5.2.1. Prinsip-Prinsip dari *Material handling*

Walaupun saat ini anda sudah mengerti tipe-tipe dasar dari peralatan *material handling*, anda masih tetap mendisain sistem yang dapat menggunakan peralatan tersebut secara efektif dan efisien. Selama bertahun-tahun telah dikembangkan berbagai prinsip-prinsip *material handling* yang dapat membawa kita pada sistem yang efektif serta mencatatnya dalam sebuah daftar untuk digunakan dalam perancangan sistem *material handling*.

- a. *Prinsip Perencanaan* - Semua sistem *material handling* harus direncanakan, bukan diubah.

- b. *Prinsip Sistem* - Perencanaan dari sistem harus memasukkan sebanyak mungkin perputaran perpindahan material. Contohnya, seorang penjual atau vendor harus mengirim materialnya dalam kontainer agar dapat digunakan dalam proses produksi anda dan mungkin kontainer juga harus digunakan untuk melakukan pengiriman pada pengguna produk yang anda hasilkan.
- c. *Prinsip aliran Material* - Layout fasilitas dan teknik proses harus dapat menjamin bahwa aliran material berjalan dengan baik.
- d. *Prinsip Penyederhanaan* - aplikasikan konsep simplikasi pekerjaan dalam mendisain sistem *material handling*. Contohnya : prinsip ekonomi mendisain gerakan harus dipatuhi.
- e. *Prinsip Gravitasi* - Gravitasi harus digunakan untuk memudahkan perpindahan material jika memungkinkan. Contohnya : Penggunaan *gravity feed bins* dan *roller conveyers*.
- f. *Prinsip Penggunaan Area* - Gunakan area dengan optimum. Rak yang tinggi, gang yang sempit sesuai dengan ukuran truk, merupakan contoh penggunaan ruangan secara bertingkat-tingkat yang sangat baik.
- g. *Prinsip Ukuran Uni* - Umumnya, semakin besar beban akumulasi yang harus dilayani akan semakin baik. Penggunaan tempat penyimpanan baran yang dapat dipindah-pindahkan sebagai tempat kanton jumlah yang besar yang disusun sedemikian rupa, merupakan salah satu contoh dari prinsip ini. Unitisasi harus dilakukan secepat mungkin dan selama mungkin dalam perputaran, serta pola pengaturan harus dikembangkan untuk membentuk unitisasi yang lebih efektif
- h. *Prinsip Mekanisasi Dan Otomatisasi* - Selalu memperhatikan mekanisasi dan otomasi dalam mendisain sistem *material handling*. Hal tersebut mungkin tidak praktis, tapi harus tetap diperhatikan. Conveyer yang memiliki sumber tenaga merupakan contoh mekanisasi dan pengatur pallet otomatis merupakan contoh otomasi.

- i. *Prinsip Pemilihan Peralatan* - Berhati-hatilah dalam memperhatikan semua aspek dari material yang akan ditangani dan metode yang digunakan dalam pemilihan perlengkapan. Pembelian *fork trucks* dengan tingkat penggunaan yang memiliki fleksibilitas tinggi merupakan contoh dari prinsip ini.
- j. *Prinsip Standarisasi* - Standarisasi metode *material handling* dan perlengkapan. Adopsi dari sistem pola pengaturan pallet dan penggunaan pallet dengan ukuran standar merupakan contoh dari prinsip ini.
- k. *Prinsip Kemampuan Beradaptasi* - Disain metode dan peralatan sehingga mereka dapat melakukan berbagai tugas. Conveyors dengan kecepatan bervariasi adalah contohnya.
- l. *Prinsip Batas Berat* - Kurangi ratio dari perlengkapan atau batas berat untuk beban Penggunaan plastik, aluminium atau *light weight pallets* merupakan contoh dari prinsip ini.
- m. *Prinsip Utilisasi* - Penggunaan teknik kerja dan perlengkapan dengan efektif. Penggunaan walkie talkie oleh pengendara *fork trucks* untuk penugasan pekerjaan berat yang banyak merupakan contoh dari prinsip ini.
- n. *Prinsip Maintenance* - Rencanakan *Preventive maintenance* sebaik anda menyiapkan *emergency maintenance* untuk perlengkapan *material handling*. Penggunaan program *preventive maintenance* dan persediaan perlengkapan pengganti yang tepat merupakan contoh dari prinsip ini.
- o. *Prinsip Keuangan* – Membuat evaluasi ekonomi secara periodik untuk memeriksa penggantian perlengkapan *material handling*, baik itu dengan model yang sama atau dengan tipe yang lebih baru. Kebijakan jadwal penggantian berdasarkan prinsip ekonomi teknik adalah contoh dari prinsip ini.
- p. *Prinsip Kontrol* - Gunakan perlengkapan *material handling* untuk mengontrol produksi, persediaan, kualitas, dan lain-lain. Penggunaan conveyor dalam lini perakitan untuk mendapatkan kecepatan produksi yang sama adalah contohnya.

- q. *Prinsip Kapasitas* - Penggunaan perlengkapan *material handling* untuk menggunakan kapasitas produksi sepenuhnya. Penggunaan persediaan outdoor jika memungkinkan dan perancangan kecepatan conveyors untuk mendapatkan tingkat pemakaian komponen yang optimum adalah contohnya.
- r. *Prinsip Performansi* - Hitung dan awasi performansi dari sistem, *material handling*. Contohnya perhitungan biaya untuk setiap perpindahan dan pengawasan yang tetap dari *material handling* harus terus dilakukan.
- s. *Prinsip Keselamatan* - Disain metode dan peralatan untuk keselamatan kerja. Penggunaan pelindung khususnya di sekitar kepala pada operator *fork trucks* adalah contohnya.

5.2.2. Teknik Kuantitatif

Kita telah menampilkan sebuah teknik yang disebut dengan program transportasi yang digunakan untuk menentukan lokasi fasilitas atau pabrik. Teknik yang sama juga dapat digunakan dalam perancangan sistem *material handling*. Permasalahan transportasi dapat diformulasikan untuk pengalokasian *fork trucks*, *electric walkie trucks*, *pallets* dan *hand trucks*, di berbagai tempat pada pabrik ketika mereka dibutuhkan. Teknik yang lain yang sangat mirip dengan program transportasi adalah teknik penugasan (*assignment*). Teknik ini bertujuan untuk mengalokasikan sumber daya yang jumlahnya terbatas seperti yang dilakukan oleh program transportasi, tapi teknik ini hanya dapat menangani 1 unit fasilitas dalam 1 waktu.

Contohnya, misal anda memiliki 5 *fork trucks* yang dialokasikan pada masing-masing tempat yang sudah tidak membutuhkan trucks tersebut di pabrik. Misal, saat ini terdapat 5 tempat lain yang membutuhkan trucks tersebut. Karena jarak antar tempat tersebut sangat penting, anda ingin menugaskan *fork trucks* pada lima tempat baru tersebut dengan meminimasi jarak yang ditempuh. Asumsikan datanya seperti yang terdapat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1
Nilai Dalam Matriks (Jarak Dalam Ratusan Feet)

From	To	Lokasi yang membutuhkan Truck				
		<i>Shipping (A)</i> (pengiriman)	<i>Inspection (B)</i> (pemeriksaan)	<i>Maintenance (C)</i> (Perawatan)	<i>Receiving (D)</i> (Penerimaan)	<i>Dock Storage (E)</i> (Penyimpanan)
<i>Tool Room (A)</i>		10	5	7	3	2
<i>Press Shop (B)</i>		9	4	8	6	5
<i>Paint Storage (C)</i>		2	1	4	3	2
<i>Welding (D)</i>		8	7	9	10	6
<i>Assembly (E)</i>		3	2	5	8	1

a. Formulasi Penugasan (Assignment)

Karena tujuan anda adalah untuk menugaskan trucks dari tempat sebelumnya menuju tempat yang membutuhkan, permasalahan ini mirip dengan permasalahan transportasi. Hanya satu trucks yang tersedia atau dibutuhkan pada masing-masing tempat, dengan demikian, permasalahan penugasan ini lebih sederhana dari permasalahan transportasi, dan lebih mudah memecahkannya.

b. Jenis Solusi Tertentu untuk Permasalahan Assignment

Solusi ini hanya memiliki 1 dan hanya 1 nilai yang dimasukkan pada masing-masing baris dan masing-masing kolom. Kembali pada matriks jarak sesungguhnya, kita dapat mengurangi nilai dari masing-masing elemen pada sebuah baris atau kolom tanpa memberikan pengaruh pada solusi (nilai dari solusi akan berubah oleh nilai pengurangan, tapi tidak akan mengubah solusinya). Contohnya, karena nilai terendah pada baris pertama adalah 2, kurangkan semua nilai pada baris tersebut dengan 2, hasilnya adalah 8, 3, 5, 1, 0.

Nilai terendah pada baris kedua adalah 4, kurangkan semua nilai pada baris tersebut dengan 4 dan ulangi langkah tersebut untuk semua baris yang terdapat pada Tabel 5.3. Sekarang jika hal tersebut bisa dilakukan pada baris maka hal yang sama juga bisa dilakukan pada kolom seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 5.4.

Tabel 5.3
Pengurangan Baris Untuk Matriks Penugasan (Assignment)

	A	B	C	D	E	Nilai paling rendah pada baris		A	B	C	D	E
A	10	5	7	3	2	2	A	8	3	5	1	0
B	9	4	8	6	5	4	B	5	0	4	2	1
C	2	1	4	3	2	1	C	1	0	3	2	1
D	8	7	9	10	6	6	D	2	1	3	4	0
E	3	2	5	8	1	1	E	2	1	4	7	0
Matriks asli							Matriks A Yang telah dikurangi					
	A	B	C	D	E			A	B	C	D	E
A	8	3	5	1	0		A	7	3	2	0	0
B	5	0	4	2	1		B	4	0	1	1	1
C	1	0	3	2	1		C	0	0	0	1	1
D	2	1	3	4	0		D	1	1	0	3	0
E	2	1	4	7	0		E	1	1	1	6	0
	1	0	3	1	0							
Nilai terendah pada kolom												

c. Pengurangan Kolom dari Matriks Penugasan (Assignment)

Pengurangan matriks B akan lebih memudahkan kita dalam memecahkan permasalahan penugasan ini dan kita yakin bahwa solusinya adalah solusi yang sama (pengurangan nilai semua nilai pada kolom dan baris yang akan mempengaruhi solusi). Karena tidak ada nilai yang negatif dalam matriks B yang telah dikurangi, penugasan yang memiliki biaya total nol adalah solusi yang optimal. Kita dapat melihat bahwa trucks dari ruang peralatan A ditugaskan ke

ruang trucks dari ruang penyimpanan cat (C) ke ruang pengiriman (A) dan seterusnya, seperti yang terlihat pada Tabel 5.4, yang menghasilkan solusi dengan biaya nol.

Tabel 5.4
Pengurangan Kolom dari Matriks Penugasan (*Assignment*)

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
A	7	3	2	0	0	Solusi	A				1
B	4	0	1	1	1		B	1			
C	0	0	0	1	1		C	1			
D	1	1	0	3	0		D		1		
E	1	1	1	6	0		E				1

d. Solusi Biaya Nol Untuk Permasalahan Penugasan Yang Dikurangi

Solusi optimum untuk permasalahan ini nilainya sama dengan jumlah yang telah dikurangi yaitu :

$$\underbrace{2 + 4 + 1 + 6 + 1}_{\text{Baris}} + \underbrace{1 + 0 + 3 + 1 + 0}_{\text{Kolom}} = 19$$

Kembali ke matriks semula, kita dapatkan solusi adalah sebagai berikut :

$$\begin{array}{ccccccccc} 3 & + & 4 & + & 2 & + & 9 & + & 1 & = & 19 \\ \text{A-D} & & \text{B-B} & & \text{C-A} & & \text{D-C} & & \text{E-E} & & \end{array}$$

Phase pertama yang harus dilakukan tersebut adalah :

- 1) Kurangi setiap nilai dalam masing-masing baris dengan nilai terkecil dari baris tersebut.
- 2) Dari matriks yang didapatkan dari langkah 1, kurangkan nilai dari setiap kolomnya dengan nilai terkecil dari masing-masing kolomnya.
- 3) Dari matriks yang dihasilkan dari langkah 2, penugasan dengan biaya nol (jika bisa dilakukan) adalah nilai optimal, jika tidak didapatkan selesaikan dengan metode Hungarian.

5.3. Distribusi

Sebagai pemimpin dari *Gadgets Incorporation*, anda sangat memperhatikan aktivitas penjualan pabrik anda. Penjualan merupakan area yang sangat luas yang harus menangani berbagai aspek operasi harian. Salah satu area yang paling besar adalah bagian pemeliharaan fungsi distribusi yang baik sehingga semua konsumen mendapatkan pelayanan yang baik. Ini mengakibatkan dibutuhkannya pengiriman produk yang cepat dan operasi yang ekonomis.

Salah satu permasalahan pertama yang harus ditangani dalam hal ini adalah penentuan lokasi *warehouse*. Anda harus memiliki kebijaksanaan sehingga dapat memenuhi kebutuhan konsumen maksimum 48 jam setelah menerima order. Dengan menggunakan materi yang telah dijelaskan pada bab ini dan bab 4 anda dapat langsung menentukan lokasi *warehouse* anda.

Masih ada permasalahan lain yang harus anda hadapi. Bagaimana seharusnya anda mengirim produk ke *warehouse* dan dari *warehouse* ke konsumen. Untuk itu sangat dibutuhkan studi feasibilitas untuk mengatur dan memelihara kendaraan anda. Anda harus membuat studi untuk menentukan jumlah dan tipe kendaraan yang anda butuhkan, kebijaksanaan penggantian kendaraan dan sistem perawatan kendaraan. Dengan menggunakan materi yang dijelaskan pada bab ini dan pada bab-bab lainnya dalam buku ini, anda akan dapat membuat studi dan membuat keputusan. Anda saat ini telah siap untuk melangkah ke area selanjutnya.

5.3.1. Lokasi *Warehouse* (Gudang)

Gadgets Inc, meiki permasalahan dalam penentuan lokasi *warehouse* yang dapat melayani konsumen dalam waktu 48 jam dari waktu penerimaan order. Karena kita dapat membuat hubungan yang mudah antar waktu dan jarak yang harus ditempuh, maka tujuan dari penentuan lokasi fasilitas ini adalah untuk meminiasi total maximum jarak. Karena kita juga ingin membuat operasi yang efisien, biaya untuk

warehouse juga sangat penting. Untuk permasalahan seperti ini penggunaan teknik analitis secara langsung tidak mungkin dilakukan permasalahannya sangat kompleks.

Banyak orang menggunakan teknik simulasi untuk memecahkan permasalahan seperti ini. Metode simulasi akan kita bahas nanti. Simulasi ini adalah metode yang menggunakan data statistik lokasi (dalam hal ini konsumen) dan permintaan untuk mencoba berbagai jumlah dan lokasi *warehouse*. Dengan menggunakan komputer, kita akan dapat dengan cepat mensimulasikan berbagai solusi dan kebijaksanaan manajemen dan memonitor hasil yang didapatkan. Dari hasil ini dapat dibuat keputusan yang sangat baik.

5.3.2. Manajemen Operasional - Penentuan Rute

Karena Gadgets Inc. adalah perusahaan kecil, kita dapat mengasumsikan sebuah kendaraan dapat melayani semua *warehouse*. Kendaraan tersebut mulai bergerak di pabrik utama, mengirimkan super gadgets ke masing-masing *warehouse* dan kembali lagi ke pabrik utama. Dalam hal ini akan terbentuk beberapa perjalanan, contohnya kunjungan ke *warehouse* 1, 2 dan 5 pada rute 1 dan *warehouse* 3, 4, dan 6 pada rute lainnya, dan seterusnya. Tapi untuk lebih sederhananya kita dapat mengasumsikan hanya terbentuk 1 rute.

Travelling Salesman Problem (TPS) merupakan salah satu metode yang sangat terkenal yang telah banyak mendapatkan perhatian dalam Teknik Industri dan *Operasional Research*. Dalam permasalahan ini, seorang salesman akan dialokasikan pada sebuah kota dan harus mengunjungi beberapa kota lainnya. Dia harus memulai kunjungan dari kota tersebut, kemudian dilanjutkan ke kota-kota lainnya, dan kembali ke kota pertama dengan total jarak tempuh yang minimal.

Terdapat berbagai prosedur untuk memecahkan *travelling salesman problem*, yang beberapa diantaranya dapat memberikan solusi yang optimum dan lainnya merupakan metode heuristik. Hampir semua *travelling salesman problem* dipecahkan secara heuristik dengan hasil yang mendekati optimal. Metode yang paling sederhana dari pendekatan

heuristik ini adalah pendekatan “*dosest unvisited city*” atau kota terdekat yang belum dikunjungi.

- a. Mulailah kunjungan pada saat satu kota dan kunjungi kota yang belum dikunjungi yang paling dekat. Lanjutkan langkah ini sampai semua kota terkunjungi.
- b. Ulangi semua langkah tersebut, sampai semua titik menjadi titik awal kunjungan. Pilihlah solusi yang paling baik.

Sebagai contoh formulasi dari pendekatan ini, perhatikanlah permasalahan persediaan Gadgets dan *Corvallis Oregon*. Kita umpamakan terdapat *warehouse* yang berlokasi di Still Water, Oklahoma Collage Park, Pensylvania ; Cleveland, Ohio ; Bozeman, Montana Temple, Florida, dan Sandiego, California. Selanjutnya asumsikan bahwa 1 truck dapat memenuhi permintaan seluruh *warehouse* dalam satu kali perjalanan. Tujuan dari permasalahan ini adalah untuk menentukan rute yang dimulai dari Corvallis dengan total jarak perjalanan yang paling minimum. Karena data jarak yang diperlukan telah tersedia (Tabel 5.5), maka kita dapat mulai mengerjakan prosedur diatas untuk mendapatkan solusi dari permasalahan ini.

Tabel 5.5
Jarak Perjalanan untuk Gadgets Inc. (km)

Ke Dari	A	B	C	D	E	F	G
(A) Corvallis	00	14	21	20	6	24	9
(B) Stilhvater	14	00	10	9	9	10	11
(C) College Park	21	10	00	1	15	9	21
(D) Cleveland	20	9	1	00	14	9	20
(E) Bozeman	6	9	15	14	00	19	9
(F) Temple	24	10	9	9	19	00	21
(G) San Diego	9	11	21	20	9	21	00

Pertama, mari kita bunt beberapa observasi pada matriks jarak ini. Pengendara *trucks* memiliki 5 orang teman yang tersebar di seluruh negara. Untuk itu, jarak yang diberikan ini hanya sebuah pendekatan dan

disesuaikan dengan rute yang mungkin telah ia lakukan. Jarak dalam matriks yang bernilai 00 merupakan diagonal utama dari matriks ini, menunjukkan bahwa trucks tidak dapat pergi dari suatu kota kembali ke kota tersebut lagi. Matriks jarak ini bersifat simetris, yang artinya jarak dari kota i ke kota j sama dengan jarak dari kota j ke kota i . Akhirnya, dengan mempergunakan prosedur heuristik, akan terbentuk 7 rute (1 untuk masing-masing titik awal) dan akan dipilih rute terbaik diantara rute tersebut.

Jika kita mulai dengan Corvallis, maka kota terdekatnya adalah Bozeman (E) - 600 mile ; Kota terdekat yang belum terkunjungi untuk kota Bozeman adalah Shill Water (B) dan San Diego (G) (kita akan mencoba keduanya). Asumsikan kota Shilla Water yang terpilih, kota terdekat selanjutnya adalah Cleveland (D) - 900 mile. Jika dilanjutkan akan kita dapatkan :

$$\begin{array}{lcl} \text{Kota} & A - E - B - D - C - F - G - A \\ \text{Jarak} & 6 \quad 9 \quad 9 \quad 1 \quad 9 \quad 21 \quad 9 & = 64 \end{array}$$

Jika kita kembali dan mencoba menggantikan posisil Still Water dengan San Diego, akan didapatkan :

$$\begin{array}{lcl} \text{Kota} & A - E - G - B - D - C - F - A \\ \text{Jarak} & 6 \quad 9 \quad 11 \quad 9 \quad 1 \quad 9 \quad 24 & = 69 \end{array}$$

dengan menggunakan kota B sebagai titik awal, kita dapatkan

$$\begin{array}{lcl} \text{Kota} & B - D - C - F - E - A - G - B \\ \text{Jarak} & 9 \quad 6 \quad 9 \quad 19 \quad 6 \quad 9 \quad 9 & = 64 \end{array}$$

dan (batasan yang terjadi pada langkah pertama)

$$\begin{array}{lcl} \text{Kota} & B - E - A - G - D - C - F - B \\ \text{Jarak} & 9 \quad 6 \quad 9 \quad 20 \quad 1 \quad 9 \quad 10 & = 64 \end{array}$$

Rute yang terbentuk diatas adalah rute yang feasible walaupun semuanya dimulai dari kota B. Sebenarnya, rute (untuk yang nomor 2) dapat dimulai dari kota A dan selanjutnya menjadi A - G - D - C - F - B - E - A) tidak ada perbedaan dimanapun titik tersebut dimulai).

Dengan menggunakan sisa dari kota-kota tersebut sebagai titik awal didapatkan :

Kota	C – D – B – E – A – G – F – C	
Jarak	1 9 9 6 9 21 9	= 64
Kota	C – D – F – B – E – A – G – C	
Jarak	1 9 10 9 6 9 21	= 65
Kota	D – C – F – B – E – A – G – D	
Jarak	1 9 0 9 6 9 20	= 64
Kota	E – B – D – C – F – G – A – E	
Jarak	9 9 1 9 21 9 6	= 64
Kota	E – G – A – B – D – C – F – E	
Jarak	9 9 14 9 1 9 19	= 70
Kota	F – C – D – B – E – A – G – F	
Jarak	9 1 10 9 6 9 21	= 64
Kota	F – D – C – B – E – A – G – F	
Jarak	9 1 9 9 6 9 21	= 64
Kota	G – A – E – B – D – C – F – D	
Jarak	9 6 9 9 1 9 21	= 64
Kota	G – E – A – B – D – C – F – G	
Jarak	9 6 14 9 1 9 21	= 64

Ini membuat kita dengan mudah menyimpulkan bahwa rute tersebut adalah rute yang paling optimal yang dihasilkan oleh beberapa rute. Tapi sesungguhnya jarak yang paling optimal adalah 60, dengan rute sebagai berikut:

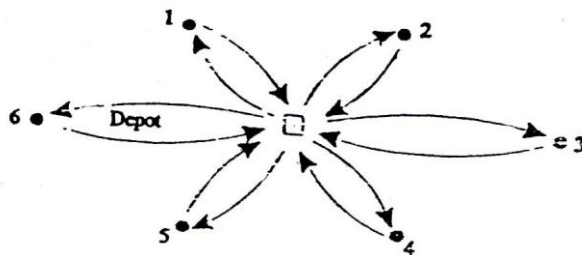
Corvallis (A) - San Diego (G) - Stilwater (B)- Temple (F) - College Park (C) - Cleveland (D) - Bozeman (E) - Corvallis (A).

Untuk memecahkan permasalahan seperti ini dapat dilakukan 2 observasi, pertama prosedur solusi heuristik yang tidak memberikan hasil yang optimal, tapi memberikan kita solusi awal yang baik dan menolong kita dalam menguji permasalahan. Seperti biasanya, teknik analisa ini hanya merupakan tambahan dalam proses pengambilan keputusan itu sendiri.

Kedua, hampir semua permasalahan rute kunjungan salesman dapat dipecahkan dengan cara manual yang akan menghasilkan solusi yang sangat baik jika diakhiri dengan penggambaran peta atau cara lainnya.

Permasalahan seperti ini disebut dengan *transportation routing problem*, dan permasalahan ini sangat mirip dengan *multiple travelling salesman problem* kecuali terdapat pembatas kapasitas kendaraan. Terdapat berbagai prosedur pemecahan masalah untuk permasalahan seperti ini. Tapi seperti TSP, tidak ada teknik yang efisien dan efektif. Bahkan, hanya sedikit permasalahan rute transportasi yang dapat dipecahkan dengan hasil yang optimal karena masalah waktu komputasi dan memori yang besar dalam komputer. Untuk itu, hampir semua permasalahan dipecahkan dengan menggunakan berbagai prosedur heuristik yang telah ada saat ini, dan salah satunya yang paling tua, mungkin yang paling sering digunakan, dan mungkin juga yang paling mudah adalah prosedur yang dikembangkan oleh Dark dan Wright.

Prosedur ini diawali dengan asumsi yang tidak masuk akal, yaitu masing-masing dari N pemberhentian harus dilayani oleh kendaraan yang terpisah, mulai bergerak dari depot (gudang), pergi ke tempat yang harus dilayani dan kembali lagi ke depot.

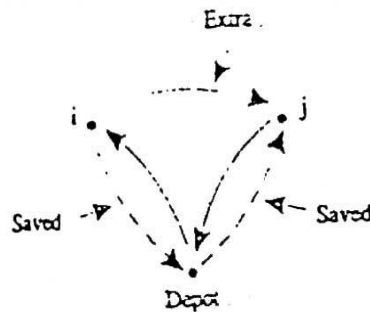


Gambar 5.2. Formulasi Insialisasi Rute Untuk Prosedur Dark and Wright

Langkah selanjutnya dari Dark dan Wright adalah menghitung penghematan yang terjadi dengan mengkombinasikan 2 kota atau membentuk 1 rute dari dua buah rute. Untuk permasalahan simetris (jarak dari tempat i ke tempat j sama dengan jarak dari kota tempat j ke tempat i), pengamatan (S_{ij}) yang didapatkan dari mengkombinasikan tempat i dengan j , adalah:

$$S_{ij} = C_{0j} + C_{0i} - C_{ij}$$

C_{0i} = Jarak dari depot ke tempat i
 C_{0j} = Jarak dari depot ke tempat j
 C_{ij} = Jarak dari tempat i ke tempat j .



Gambar 5.3. Penghematan Untuk Kombinasi Pemberhentian i dan j

Prosedur Dark dan Wright kemudian mengurutkan penghematan tersebut dalam urutan yang semakin mengecil sehingga kombinasi yang terletak paling atas adalah kombinasi dengan penghematan yang paling besar, dan urutan kedua adalah kombinasi yang menimbulkan *saving* kedua yang paling besar, dan demikian seterusnya.

Prosedur ini dimulai dengan mengambil kombinasi pertama dari daftar tersebut dan membuat ke dua tempat dalam kombinasi tersebut terletak dalam 1 rute. Jika pembatas-pembatas yang ada mengijinkan kombinasi tersebut) dan dilanjutkan kebawah sampai didapatkan solusi yang lengkap.

Pada saat ini diasumsikan permintaan *warehouse* harus dipenuhi oleh 2 truck. Permintaan tersebut ditunjukkan dalam Tabel 5.6. Asumsikan tiap-tiap truck dapat membawa 25.000 gadgets. Karena total permintaannya adalah 42.000 gadgets, paling tidak dibutuhkan 2 truck (atau 2 kali kunjungan oleh truck yang sama)

Tabel 5.6
Daftar Permintaan Gadgets

	Pemberhentian	Permintaan (Gadget)
G	San Diego	10.000
B	Stillwater	5.000
E	Temple	6.000
C	College Park	7.000
D	Cleveland	10.000
E	Bozeman	4.000

Langkah pertama dari prosedur ini adalah menghitung penghematan yang didapatkan dan kemudian merangkainya. Hal tersebut sudah dilakukan seperti yang terlihat dibawah ini. Perhatikan bahwa dalam formulasi ini, depotnya (Corvallis) telah dipindahkan sehingga hanya terdapat 6 pemberhentian.

Ke Dari	B	C	D	E	F	G
B	00	10	9	9	10	11
C	10	00	1	15	9	21
D	9	1	00	14	9	20
E	9	15	14	00	19	9
F	10	9	0	19	00	21
G	11	21	20	9	21	00

Ke Dari	B	C	D	E	F	G
A	14	21	20	6	24	9

Penghematan dari mengkombinasikan B dan C adalah :

$$AB + AC - BC = 14 + 21 - 10 = 25$$

Untuk B dan D, pengematannya adalah :

$$AB + AD - BD = 14 + 20 - 9 = 25$$

Pember-hentian	Peng-hematan	Pember-hentian	Peng-hematan	Pember-hentian	Peng-hematan
BC	25	CD	40	DF	35
BD	25	CE	12	DG	9
BE	11	CF	36	EF	11
BF	28	CG	9	EG	6
BG	12	DE	12	FG	12

Setelah dirangking didapatkan hasil sebagai berikut :

Pember-hentian	Peng-hematan	Pember-hentian	Peng-hematan	Pember-hentian	Peng-hematan
1CD	40	6 BD	25	11 BE	11
2CF	36	7 BG	12	12 EF	11
3DF	35	8 DE	12	13 CG	9
4BF	28	9 DE	12	14 DG	9
5BC	25	10 FG	12	15 EG	6

Kombinasi pertama dalam daftar adalah CD dengan penghematan sebesar 40. Tempat C (*College Park*) memiliki permintaan sebesar 7000 unit, dan tempat D (Cleveland) memiliki permintaan sebesar 10.000 unit (dari Tabel 5.1). Karena truck dapat membawa 25.000 unit, maka kombinasi ini memungkinkan dan kita dapat membuat rute yang terdiri dari :

Depot – C – D – depot atau depot – D – C – depot

Penghematan selanjutnya dalam rute adalah C - F. Ini memungkinkan untuk menambah tempat kunjungan F pada rute yang telah ada dan total permintaannya akan menjadi :

$$17.000 + 6.000 = 23.000 \text{ unit}$$

Karena truck masih mungkin menangani beban ini maka sekarang kita memiliki rute yang terdiri dari :

Depot – F – C – D – depot atau depot D – C – F - depot

Penghematan selanjutnya adalah kombinasi B dan F. Hal ini memungkinkan untuk menambahkan tempat kunjungan lainnya dalam rute yang telah ada dan menimbulkan total demand sebesar :

$$23.000 + 5.000 = 28.000 \text{ unit}$$

Karena truck hanya dapat menangani 25.000 unit, kombinasi ini tidak mungkin untuk dilakukan.

Kombinasi lain yang terdapat dalam daftar adalah kombinasi B dan C, tapi karena tempat kunjungan C sudah terdapat ditengah-tengah rute yang telah ada, maka tidak mungkin dilakukan penyambungan dari kombinasi ini. Kombinasi selanjutnya juga tidak mungkin dilakukan adalah kombinasi B dan D karena akan menciptakan total permintaan sebesar 28.000 unit.

Selanjutnya tempat kunjungan B dan D dapat dikombinasikan dengan penghematan sebesar 1.200 mil. Karena total bebannya hanya 15.000 unit, kita dapat membuat rute baru, sehingga sekarang terbentuk 2 buah rute baru, yaitu :

Depot – F – C – D – depot atau sebaliknya

Dan

Depot – B – G – depot atau sebaliknya

Dua kombinasi selanjutnya (C dan E, D dan E) keduanya tidak mungkin untuk dilakukan. Kombinasi ke-3 adalah kombinasi F dan G. Karena kombinasi ini dapat dimasukkan dalam kedua rute yang telah ada dan menimbulkan total demand yang besarnya di luar batas kapasitas truck, maka kombinasi ini juga tidak mungkin untuk dilakukan.

Kemudian tempat kunjungan B dan E dapat dikombinasikan dengan penghematan sebesar 110 mil. Ini dapat ditambahkan sebagai tempat kunjungan ke-3 pada rute ke-2 dan menghasilkan total demand sebesar :

$$15.000 + 4000 = 19.000 \text{ unit}$$

yang merupakan hasil yang mungkin untuk dilakukan.

Karena semua tempat pemberhentian telah berhasil dihubungkan (kedua rute ini sudah tidak dapat dikombinasikan lagi), kita akhirnya mendapatkan rute sebagai berikut :

Depot – F – C – D – depot atau A – F – C – D – A

dan

Depot – E – R – G – depot atau A – E – B – G – A

Dengan total jarak tempuh :

AF + FC + CD + AD + AE + EB + BG + AG

24 + 9 + 1 + 20 + 6 + 9 + 11 + 9 = 89 atau 8.900 mil

Rute 1

Rute 2

BAB VI

PERANCANGAN KERJA DAN PERFORMANSI ORGANISASI PENGUKURAN KERJA

6.1. Performansi Organisasi

Semua manajer pada semua organisasi berusaha keras mendapatkan berbagai hasil berkaitan dengan manusia. Untuk melakukan hal ini, berbagai sistem kontrol telah dirancang untuk menghitung dan meningkatkan performansi organisasi. Sayangnya, sebagian besar dari sistem kontrol tersebut hanya memonitor sebagian kecil dari total performansi sistem. Akibatnya, saat ini berbagai langkah telah dibuat untuk mendisain sistem kontrol yang efektif dan efisien. Teknik industri merupakan pelopor dari langkah ini.

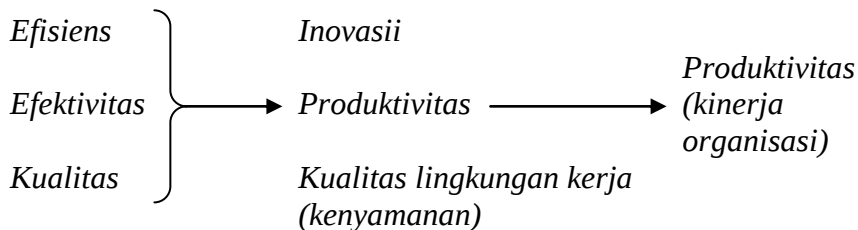
Produktivitas organisasi adalah pengukuran kemampuan suatu organisasi untuk mengubah input menjadi output. Persamaan (6.1) menggambarkan pernyataan tersebut sebagai :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

Output dan input dapat dipisah-pisahkan atau dijadikan satu. Contohnya, unit/jam orang merupakan perhitungan produktivitas khusus untuk tenaga kerja, karena itu sifatnya para ial. Dengan asumsi kita selalu menginginkan output berkualitas yang dapat memenuhi permintaan konsumen (efektifitas) kita dapat melihat bahwa, produktivitas tersebut dipengaruhi oleh efisiensi, efektifitas dan kualitas, seperti yang terlihat pada Gambar 6.1. Produktivitas, bersama-sama dengan inovasi dan kualitas kerja, menentukan performansi organisasi secara keseluruhan, yang biasanya dihitung dengan keuntungan yang didapatkan dalam sistem *free-enterprise*.

Total performansi sistem organisasi memiliki fokus kriteria performansi yang lebih dalam dibandingkan dengan efisiensi (contohnya, kualitas, kualitas kerja, efektivitas, inovasi, keuntungan dan produktivitas). Perhitungan atau perancangan kerja di tempat kerja memiliki perhatian yang dekat dengan efisiensi. Sesuai dengan batasannya, total performansi sistem organisasi berhubungan dengan pemilihan cara untuk mengatur individu dalam mencapai suatu tujuan. Perhitungan atau perancangan kerja memperhatikan orang secara individual dan interaksi orang dengan lingkungannya.

Beberapa diantara anda mungkin belum pernah melakukan penyederhanaan metode kerja atau perhitungan kerja karena begitu banyaknya area yang menjadi cabang dari teknik industri. Walaupun demikian, anda harus mengerti bahwa perhitungan dan penyederhanaan kerja ini merupakan awal dari teknik industri. Selain itu, sekarang ini orang-orang teknik industri lebih banyak bekerja di area ini dibandingkan dengan area lainnya. Kadang-kadang akan sangat menolong jika anda mengetahui tempat lahirnya disiplin anda.



Gambar 6.1. Total Performansi Organisasi

Walaupun permasalahan diatas telah sangat disederhanakan, permasalahan ini telah berhasil menekankan beberapa kegunaan dari penyederhanaan dan pengukuran kerja. Adapun kegunaan-kegunaan tersebut adalah :

1. Menentukan kebutuhan peralatan.
2. Menentukan kebutuhan tenaga kerja.

3. Merancang metode pelatihan.
4. Mendisain prosedur penjadwalan.
5. Merancang sistem insentif.
6. Estimasi biaya.

6.2. Metode Perbaikan

Selama masa evolusi dari teknik industri, pengembangan metode kerja telah menghasilkan berbagai macam hal, termasuk penyederhanaan kerja, metode perbaikan dan disain kerja. Adapun namanya (kami pilih istilah perbaikan metode kerja) definisi dari perbaikan metode kerja adalah pendekatan sistematis untuk mendapatkan cara yang lebih mudah dan baik dalam melakukan suatu pekerjaan.

Untuk melakukan perbaikan metode kerja yang benar, pendekatan sistematis sangatlah penting. Kita akan mendiskusikan beberapa pendekatan sistematis pada bagian ini. Kelima prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan pekerjaan - memilih pekerjaan untuk dipelajari. Ini sering dilakukan karena biasanya pekerjaan membutuhkan studi yang paling mahal dan nyata.
2. Mengumpulkan dan mencatat keadaan - metode yang digunakan untuk melakukan pekerjaan tersebut harus dicatat bersama-sama dengan keadaan-keadaan lainnya, seperti misalnya frekuensi dari suatu pekerjaan.
3. Menanyakan setiap detail metode yang ada saat ini harus ditanyakan tiap detailnya. Beberapa elemen mungkin harus dihilangkan dan bagian besar mungkin dapat diubah.
4. Mengembangkan dan menguji metode yang lebih baik. Dari langkah 3, usaha yang lebih baik mungkin akan menghasilkan sesuatu yang lebih nyata. Ide-ide tersebut harus dikembangkan dan diuji.
5. Menggunakan dan memelihara perbaikan - agar studi bermanfaat prosedur pengembangan tersebut harus digunakan dan dipelihara.

6.2.1. Peta Aliran Proses

Peta aliran operasi merupakan peta yang berisi semua aktivitas yang terdapat dalam sebuah proses operasi. Peta ini mirip dengan peta proses operasi, tapi dalam hal ini peta aliran proses menjelaskan proses dengan lebih detail dengan dijelaskannya kegiatan transportasi dan waktu menunggu sebaik kegiatan-kegiatannya lainnya, seperti proses operasi, inspeksi dan penyimpanan.

Pertanyaan-pertanyaan di bawah ini harus dipertanyakan pada masing-masing kegiatan :

- a. Apakah pekerjaan tersebut penting, atau dapat dihilangkan ?
- b. Apakah kegiatan dapat dikombinasikan dengan kegiatan lainnya ?
- c. Apakah pekerjaan sudah berurutan dengan benar, atau haruskah urutan tersebut diubah ?
- d. Dapatkah kegiatan ini diperbaiki ?
- e. Apakah orang yang melakukan pekerjaan tersebut sudah tepat ?

Studi Kasus

Mr. Cafe, supervisor cafe makanan sekolah, telah meminta anda untuk menyiapkan peta aliran proses untuk menyiapkan Spagheti. Anda memutuskan untuk membuat peta aliran di kaferia tersebut dan melihat bagaimana sistem ini dikembangkan.

Awalnya, mie berada di rak penyimpanan. Lalu diambil dan dibawa ketempat memasak, untuk selanjutnya dimasak bersama dengan lemak. Selanjutnya mie tersebut diletakkan pada sebuah mangkok besar, yang selanjutnya akan dibawa ketempat cuci. Selanjutnya mie tersebut akan dibawa ke tempat kerja, dimana mie tersebut akan diletakkan pada 6 buah wajan. Daging dan saus (digunakan peta aliran proses yang terpisah untuk menjelaskan proses ini) ditambahkan dan wajan tersebut lalu dibawa ke tempat pemanasan yang berfungsi untuk memanaskan mie tersebut sampai mereka siap dihidangkan.

Anda menyiapkan peta aliran proses seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.2. Setelah berkonsultasi dengan Mr. Cafe dan dengan operator serta mempelajari peta tersebut dengan hati-hati, anda memutuskan untuk menambah kran air di depan tempat memasak (yang saat ini telah memiliki pipa saluran) sehingga anda dapat mencuci mie tepat di depan tempat memasak, langsung menambahkan daging dan saus dan tetap memanaskan di tempat memasak. Perubahan ini dapat mengurangi beberapa proses transportasi. Prosedur yang telah diperbaiki ini ditunjukkan oleh Gambar 6.3.

Process : Prepare Spaghetti Begins : In Storage Charter : Ind. Eng Present : <u> X </u> Proposed <u> </u>		Man <u> </u> or Mateiral <u> X </u> <u> Nodles </u> End : Ready to Seve Date : 7/24	
Steps		Symbol	Notes
1.	Noodles On Shelf	▽	
2.	Carried To Cooker	⇒	
3.	Cooked	O	
4.	Placed in Bowl	⇒	Wash in Cooker ?
5.	Carried to Sink	⇒	Very Heavy
6.	Washed	O	
7.	Bowl Carried to Work Area	⇒	Very Heavy
8.	Placed in Serving Pans	⇒	Six Pans – Full
9.	Meat and Sauce Added to Pans	O	Repeated Six Times
10.	Pans Carried to Heater	⇒	Repeated Six Times
11.	Warmed	▽	
12.	Carried to Serving Line.	⇒	Repatd Six Times

Gambar 6.2. Peta Aliran Proses-Metode saat ini

Process : Prepare Spaghetti		Man ____ or Mateiral <u> X </u> <u> Nodles </u>
Begins : In Storage		End : Ready to Seve
Charter : Ind. Eng		Date : 7/26
Present : <u> X </u> Proposed ____		
Steps	Symbol	Notes
1. Noodles On Shelf	▽	Add a Tap Adjacent to Cooker
2. Carried To Cooker	⇒	
3. Cooked	○	
4. Washed in Cooker	○	
5. Meat and Sauce Added	○	
6. Warmed	▽	Very Heavy Six Pans – Full
7. Placed in Serving Pans	⇒	
8. Carried to Serving Line.	⇒	

Gambar 6.3. Peta Aliran Proses-Metode yang ditawarkan

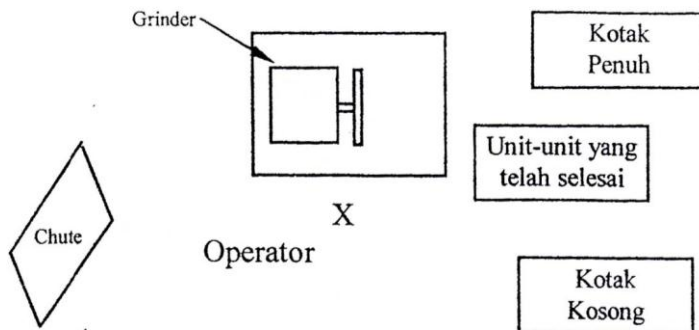
Keuntungan dari prosedur yang telah diperbaiki ini dibandingkan dengan prosedur yang telah ada sebelumnya adalah sangat nyata dan banyak. Tidak perlu dilakukan pengangkutan yang berat, hanya dilakukan 3 kali proses transportasi dengan penghematan sebesar 57% dan jumlah operasi dan storage yang dilakukan tetap sama.

6.2.2. Peta Tangan Kiri-Tangan Kanan

Peta tangan kanan-tangan kiri sangat berguna untuk menganalisa suatu pekerjaan yang dilakukan oleh seseorang di sebuah tempat kerja. Sesuai dengan namanya, peta ini mengikuti setiap gerakan dari tangan kiri dan tangan kanan seorang operator. Akibatnya peta ini hanya dapat digunakan ketika seorang pekerja melakukan pekerjaan yang berulang-ulang biasanya dalam 1 stasiun kerja. Contohnya adalah sebagai berikut:

Studi Kasus

Dalam contoh ini sebuah pot handle dibuat dengan menggunakan *Plastic injection molding*. Proses ini membutuhkan peralatan yang rumit, akibatnya banyak waktu yang dibutuhkan untuk mendisain peralatan tersebut, setelah dipindahkan dari perlengkapan seringkali paku kecil masih tersisa pada komponen. Paku ini digerinda dengan menggunakan gerinda kecil, lalu diperhalus dengan menggunakan *butting whell*, yang bertujuan untuk mengeliminasi bekas-bekas gerinda. Proses-proses tersebut diberikan di bawah ini. *Plastic inc.* meminta anda untuk menyeimbangkan proses ini dan untuk itu anda diminta untuk menggambar berbagai jenis paku yang terdapat dalam benda kerja. Kemudian anda diminta untuk membuat sketsa tempat kerja dan deskripsi dari proses produksi. Sketsa dari tempat kerja ditunjukkan oleh Gambar 6.4.



Gambar 6.4. Layout Stasiun Kerja

Semua *pot handle* diletakkan sesuai arah peluncuran gravitasi dengan menggunakan alat *material handling*. Alat peluncur tersebut diletakkan di pinggir tempat kerja sehingga komponen dapat selalu dijangkau oleh operator. Operator akan mengambil 3 *pot handle* dari alat peluncur tersebut dengan tangan kirinya. Di tengah-tengah stasiun kerja di memegang handle tersebut dengan tangan kirinya, tangan kanannya mengambil salah satu handle dari tangan kirinya, menggerinda pot

handle tersebut (membutuhkan waktu sekitar 2 detik), dan menaruhnya pada kotak kardus di lantai tersebut penuh. Operator berhenti, mendorong kotak kosong lainnya untuk dibawa ke stasiun kerja. Proses tersebut diulangi lagi (Alat *material handling* tetap menjaga tersedianya kotak kosong di tempat tersebut).

Simbol-simbol yang digunakan dalam peta tangan kiri-tangan kanan hampir sama dengan simbol-simbol peta aliran operasi, contohnya:

	Operasi	: Tangan sedang melakukan pekerjaan produktif.
	Transportasi	: Tangan sedang memindahkan dari satu tempat ke tempat lainnya.
	Menunggu	: Tangan sedang tidak melakukan apa-apa kecuali menunggu.
	Menahan	: Tangan sedang memegang sebuah benda.

6.2.3. Peta-Peta Lainnya

Diagram Alir. Diagram alir ini adalah gambar peta aliran proses yang bertujuan untuk menunjukkan layout atau tats letak fasilitas. Hanya simbol dan nomor-nomor pekerjaan yang ditunjukkan dalam, diagram ini. Biasanya, tujuan dari peta ini adalah untuk melihat hubungan antar ruangan.

Peta Multi Aktivitas (*Multiple activity Chart*). *Multi activity chart* mirip dengan peta tangan kiri-tangan kanan dimana dari peta ini. Peta ini secara simultan menunjukkan aktivitas dari pekerjaan dengan I atau lebih mesin yang dioperasikan oleh pekerjaan tersebut. Aktivitas yang simultan dari beberapa pekerja dalam *lini assembly* merupakan contoh lainnya. Tujuan dari peta ini adalah untuk mendapatkan keseimbangan yang baik meminimasi total siklus waktu dan termasuk juga waktu tunggu dari komponen tersebut.

Peta Distribusi Kerja. Peta distribusi kerja merupakan sebuah daftar semua aktivitas atau tanggung jawab dari masing-masing pekerja dalam sebuah departemen atau kelompok. Peta ini mirip dengan *multiple act chart* kecuali aktivitas-aktivitas yang dilakukan disini tidak dilakukan secara simultan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan keseimbangan yang sesuai dalam penugasan dan untuk menyakinkan bahwa setiap level tenaga kerja telah melakukan fungsinya dengan baik (contoh: kepala departemen seharusnya tidak mengirim surat atau menjawab telepon).

Peta Proses Operasi (telah dibahas sebelumnya). Tujuannya adalah untuk mengeliminasi pekerjaan yang tidak penting, inspeksi, atau penyimpanan dan mendapatkan urutan pekerjaan yang sesuai.

Gantt Chart. Gantt Chart merupakan balok waktu horisontal yang menunjukkan waktu relatif untuk melakukan berbagai aktivitas. Peta ini sering digunakan dalam penyederhanaan kerja, tapi dapat juga digunakan untuk penjadwalan. Biasanya, tujuannya adalah untuk membentuk semua aktivitas dengan total waktu yang paling rendah yang sering harus dibatasi oleh beberapa batasan.

6.2.4. Prinsip Ekonomi Gerakan

A. Eliminasi

1. Eliminasi semua pekerjaan, langkah, atau gerakan (ini berlaku pada badan, kaki lengan, tangan, atau mata).
2. Eliminasi semua pekerjaan yang tidak biasa sehingga sama seperti fasilitas otomatis. Sediakan tempat yang tetap untuk masing-masing benda.
3. Eliminasi penggunaan tangan sebagai alat pemegang.
4. Eliminasi gerakan yang janggal atau tidak normal.
5. Eliminasi penggunaan otot untuk melakukan sebuah posisi yang tetap.
6. Eliminasi kegiatan atau usaha yang membutuhkan tenaga dengan menggunakan peralatan yang memiliki sumber tenaga dan lain-lain.
7. Eliminasi kedatangan momentum yang berlebihan.

8. Eliminasi bahaya.
9. Eliminasi waktu menganggur.

B. Kombinasi

Gantikan gerakan-gerakan pendek yang dihubungkan dengan perubahan-perubahan yang seketika dalam gerakannya, dengan gerakan kurva kontinyu.

1. Dengan siklus mesin tetap, buatlah kerja maksimum dalam siklus mesin.
2. Kombinasikan Pralatan
3. Kombinasikan pengawasan
4. Kombinasikan gerakan.

C. Pengaturan kembali

1. Distribusikan pekerjaan diantara dua tangan. Pola gerakan simetris yang simultan akan sangat efektif (ini juga termasuk pada pengerjaan 2 komponen sekaligus dalam 1 waktu). Distribusikan pekerjaan secara merata untuk masing-masing pekerjaan dalam satu kelompok kerja.
2. Alihkan pekerjaan dari mata.
3. Atur pekerjaan sesuai dengan urutan pemesanan (order).

D. Penyederhanaan (simplifikasi)

1. Gunakan kelompok kerja terkecil yang mampu melakukan pekerjaan, sediakan penggunaan kelompok yang terputus-putus sesuai dengan kebutuhan.
2. Kurangi gerakan mata dan posisi tetap.
3. Tetap bekerja dalam area kerja yang normal.
4. Perpendek gerakan.
5. Sesuaikan handle, tuns, tombol dan lain-lain dengan ukuran dan sistem otot manusia.
6. Gunakan kombinasi therbligs sesedehana mungkin (*therbligs* adalah kegiatan-kegiatan dsar, seperti : meraih, memegang, mengambil).
7. Kurangi kompleksitas dari masing-masing therbligs, khususnya untuk *therbligs* “terminal”.

6.2.5. *Human engineering* (Ergonomi)

Human engineering (ergonomi) mungkin dapat dikatakan sebagai disain dari hubungan antara manusia dengan mesin, sehingga manusia dan mesin dapat berfungsi lebih efektif dan efisien sebagai sistem yang terintegrasi. Sebagian besar dari apa yang telah dijelaskan dalam bab ini dapat dikatakan sebagai *human engineering*, tapi masih banyak lagi yang termasuk dalam *human engineering*, selain simplifikasi/penyederhanaan kerja dan prinsip-prinsip ekonomi gerakan.

Umumnya, mesin didisain sesuai dengan kegunaannya dalam produksi tanpa atau hanya sedikit melihat elemen atau faktor manusia yang memakainya. Sehingga, dengan adanya *human engineering*, sebuah mesin mungkin harus direndahkan, diberi nama, atau didisain ulang secara keseluruhan sehingga pekerja dan mesin dapat berfungsi lebih baik sebagai sistem pelengkap. Banyak pekerjaan *human engineering* yang telah dilakukan dalam perancangan dan penentuan tempat kontrol untuk mendapatkan efektifitas dan efisiensi yang maksimal. Disain dari kokpit pesawat jet yang besar merupakan contoh dari *human engineering*.

Human engineering juga sangat berguna digunakan dalam kegiatan sehari-hari. Contohnya dalam sebuah stasiun kerja individual, menempatkan semua pekerjaan di dekat atau didepan pekerja adalah sangat penting, sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan. Dengan menggunakan *human engineering*, kita dapat mendisain stasiun kerja sesuai dengan poster manusia pada umumnya (rata-rata). *Human engineering* telah menghitung rata-rata kemampuan pekerja untuk mencapai sesuatu, baik itu dengan cara yang mudah maupun dengan gerakan yang susah.

6.3. *Pengukuran Kerja* (Work Measurement)

Tujuan dari sistem pengukuran kerja adalah untuk menentukan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk melakukan sebuah pekerjaan oleh operator terlatih untuk melakukan suatu pekerjaan jika ia harus

melakukannya selama 8 jam dalam sehari, pada kondisi kerja yang biasa, dan bekerja dalam kecepatan normal. Waktu ini disebut dengan waktu standar. Menurut sejarah terdapat 2 pendekatan dasar untuk mendapatkan waktu standar. Kita menyebut ke-2 pendekatan ini dengan *bottom up* dan *top down*. Pendekatan *bottom up* dimulai dengan melakukan pengukuran waktu dasar, disesuaikan dengan kondisi pekerja dan kemudian diberikan kelonggaran (*allowance*) untuk kelelahan, kebutuhan pribadi, dan kegiatan menunggu. Pendekatan *top down* digunakan dalam berbagai kontrak-kontrak dengan para pekerja, dimana waktu standar.

Waktu normal. Waktu rata-rata yang dibutuhkan operator terlatih untuk melakukan suatu pekerjaan dalam kondisi kerja yang biasa dan bekerja dalam kecepatan normal (dalam hal ini tidak termasuk waktu longgar untuk kebutuhan pribadi dan waktu tunggu yang mungkin akan sangat penting jika pekerjaan tersebut dilakukan selama 8 jam).

Kecepatan normal. Rata-rata kecepatan operator yang terlatih dan bekerja secara bersungguh-sungguh untuk melakukan pekerjaan selama 8 jam dalam satu hari.

Waktu actual. Waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja untuk melakukan suatu pekerjaan yang didapatkan secara langsung dari basil pengamatan.

Kelonggaran. Sejumlah waktu yang ditambahkan dalam waktu normal untuk memenuhi kebutuhan pribadi, waktu-waktu tunggu tidak dapat dihindari, dan kelelahan.

Metode-metode yang akan dibahas saat ini adalah:

1. *Direct time study*
2. *Time study standard data.*
3. *Predetermined time sistem.*
4. *Predetermined time sistem standard data.*
5. *Work sainding.*

6.3.1. Direct Time Study

Cara yang digunakan untuk mencatat waktu yang digunakan untuk melakukan sebuah pekerjaan berbeda-beda pada masing-masing perusahaan. Pada dasarnya, tujuannya adalah untuk menampilkan informasi sebanyak mungkin duplikasi sebuah pekerjaan pada sebuah form. Untuk itu form tersebut harus, memasukkan deskripsi yang benar tentang semua pekerjaan yang terlibat, sketsa dari tempat kerja, mungkin termasuk peta tangan kiri-tangan kanan dari setiap operasi dan deskripsi yang jelas untuk setiap pemecahan (*breakdown*) pekerjaan.

Selanjutnya, masing-masing elemen dicari nilai-nilai rata-ratanya. Kadang *performance rating* digunakan pada masing-masing elemen, tapi dalam hal ini, kita asumsikan bahwa semua pekerjaan (bukan pada masing-masing elemen) memiliki tingkat performansi yang sama. Perhitungan untuk contoh yang berbeda adalah sebagai berikut (waktu rata-rata untuk masing-masing elemen didapatkan dengan merata-ratakan semua hasil pengamatan yang baik untuk masing-masing elemen).

Elemen	Rata-rata	Total waktu actual (baku)	: 15+7+5+8=35
1	15	Perfomance	: 115%
2	7	Waktu normal	: (35) (1,15) = 40,25
3	5	Kelonggaran (allowence)	: 12%
4	8	Waktu standard	: (40,25)x0,2 (100%+12%)

Dalam hal ini, analis yakni bahwa operator melakukan pekerjaan pada tingkat 115% atau 15% lebih cepat daripada waktu normal yang diharapkan. Untuk itu, diijinkan untuk memberikan kelonggaran waktu. Untuk menentukan waktu normal, waktu aktual harus dikalikan dulu dengan *performance rating*. Jika operator bekerja pada tingkat *performance* 90% atau 10% kurang dari waktu normal yang diharapkan waktu normalnya akan menjadi (35) (0,9) = 28,5.

Dengan menyadari kemungkinan akan terjadi permasalahan lain, beberapa kelonggaran harus diberikan. Contohnya selama bekerja operator akan memiliki kebutuhan-kebutuhan pribadi istirahat, minum dan lain-lain dan lelah setelah bekerja sepanjang hari. Selain itu mungkin

juga akan terjadi waktu tunggu yang tak dapat dihindarkan (*break down*, mesin, kekurangan komponen). Menurut hasil studi kami didapatkan bahwa kebutuhan pribadi membutuhkan waktu sebanyak 4% dari total waktu kerja per hari. Kelelahan sebesar 5% dari *performance* dan waktu tunggu yang tak dapat dihindari sebesar 3% dari total waktu. Dengan demikian total *allowance* (kelonggaran) menjadi sebesar 4% - 5% + 3% = 12%. Untuk menghitung waktu standar, kita tambahkan *allowance* pada waktu normal. Sehingga mendapatkan :

$$\text{Waktu standar} = (40.25) (1.12) = 45.08$$

Form dan contoh diatas telah sangat disederhanakan. Tidak ada elemen-elemen asing (seperti gerakan-gerakan yang tidak penting) yang diperhatikan dan *performance rating* yang sama diberikan untuk semua pekerjaan. Dengan demikian, *time study* yang sesungguhnya sangatlah rumit. Seorang analisa *time study* yang kompeten adalah seseorang yang benar-benar telah terlatih secara teknis dan karena harus terlibat dengan pekerja-pekerja lainnya sepanjang waktu, menyebabkan ia juga harus merupakan seseorang yang mengerti hubungan antar manusia.

6.3.2. *Time study Standard Data*

Contohnya, di sebuah toko mesin yang memproduksi berbagai komponen-komponen kecil yang semuanya memiliki ukuran yang sama, elemen pekerjaan “ambil 2 komponen dan tempatkan pada *fixure*, x pada komponen y dan pada *fixure*” mungkin merupakan sebuah elemen pekerjaan yang harus diulangi berkali-kali. Peta tangan kiri-tangan kanan untuk elemen ini ditunjukkan oleh Tabel 6.1.

Tabel 6.1
Elemen-elemen dari Peta Tangan Kiri - Tangan Kanan

Aktivitas Tangan Kiri	Simbol	Simbol	Aktivitas Tangan Kanan
Meraih X''	→	→	Mencapai X''
Menggenggam	O	O	Menggenggam
Memindahkan Y''	→	→	Memindahkan Y''
Meletakkan	O	O	Meletakkan
Melepaskan	O	O	Melepaskan

Keuntungan-keuntungan dari *time study standard data* adalah sebagai berikut :

- a. Studi waktu individual lebih cepat dan lebih murah.
- b. Konsisten dalam setiap studi waktu.
- c. Kemungkinan melakukan kesalahan lebih kecil.
- d. Dibutuhkan lebih sedikit analisis.
- e. Beberapa penyederhanaan pekerjaan dilakukan secara otomatis pada saat metode ini digunakan.
- f. Sangat baik digunakan untuk membuat estimasi biaya dan perencanaan produksi sebelum sebuah pekerjaan dilakukan.
- g. Akan mengurangi gangguan yang terjadi di rantai produksi pada saat dilakukan studi waktu.

6.3.3. *Predetermined Times*

Jika sebuah pekerjaan harus dipecahkan menjadi beberapa elemen yang lebih kecil dan lebih kecil, akan didapatkan suatu titik dimana semua pekerjaan tersebut dibentuk oleh elemen-elemen yang sama. Pada titik ini nilai waktu dapat digunakan untuk elemen-elemen tersebut, dan total waktu untuk melakukan keseluruhan pekerjaan ditentukan dengan menambahkan waktu dari elemen-elemen yang sesuai. Pendekatan ini disebut *dengan predetermined times*.

Sistem *predetermined times* sangat mirip dengan standart data, dimana nilai waktu dapat dibaca secara langsung dari peta. Dalam penggunaannya, mereka tidak memiliki cara yang unik dan dapat digunakan di berbagai perusahaan.

Ada banyak sistem yang digunakan saat ini, yang paling sering digunakan adalah (1) *Work factor* dan (2) *Methods Times Measurement* (MTM). Nilai waktu yang digunakan pada berbagai elemen bisa didapatkan dengan berbagai cara. Salah satu pendekatannya adalah dengan menggunakan kamera yang akurat dan menggunakan film (yang diperlambat) untuk mendapatkan waktu yang diperlukan untuk melakukan sebuah pekerjaan (analisa gerakan mikro). Pendekatan lainnya adalah dengan menggunakan peralatan pengukur waktu elektronik. *Times studies* juga dapat digunakan bila sesuai. Contoh : salah satu elemen misalnya “Pindahkan obyek ke tangan lain” dan waktu yang tercatat adalah seperti di bawah ini.

Tabel 6.2. *Predetermined Times*

Berat > 2 lb	
Jarak	Waktu
4 in	0,00412
8 in	0,00591

6.3.4. *Predetermined Time Standart Data*

Predetermined time standart data merupakan standart data yang benar-benar mirip dengan *time study standart data*, terkecuali pada sumber informasi yang digunakan. Dalam metode ini, elemen yang diulangi ditentukan waktunya dengan menggunakan *predetermined times*. Contohnya Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 kelihatan benar-benar sama, kecuali waktu yang sekarang digunakan pada sub elemen pada peta dari Tabel 6.2 dari sistem *predetermined time*. Untuk lebih jelasnya, seringkali elemen sistem *predetermined time* disebut sebagai sistem

elemen waktu tingkat 1. Elemen tingkat 2 (standart data) dapat dibentuk dari beberapa elemen tingkat 1.

Keuntungan dan kerugian dari metode ini sama dengan *time study standart data*. Perbedaannya adalah *predetermined time standart data* mungkin dapat dikembangkan lebih cepat karena semua data telah tersedia.

6.3.5. *Work Sampling*

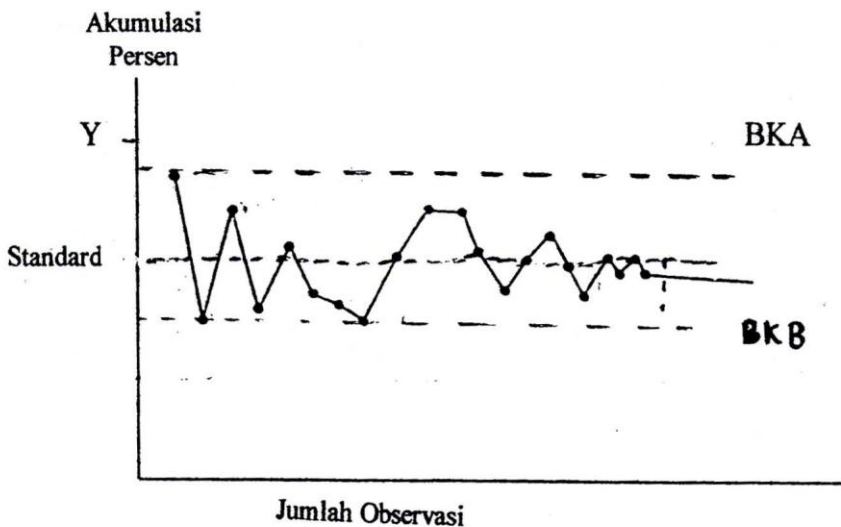
Work Sampling merupakan estimasi dari proporsi waktu yang diperlukan untuk melakukan beberapa jenis aktivitas, dengan melihat frekuensi relatif kegiatan tersebut secara random, dalam sebuah observasi yang dilakukan pada saat itu. Contohnya, dilakukan estimasi jumlah waktu yang dibutuhkan oleh seseorang untuk melakukan kebutuhan pribadi selama satu hari kerja atau waktu menunggu yang tidak dapat dihindari, seperti kekurangan material atau *break down* mesin. Pada dasarnya, serangkaian observasi atau pengamatan dibuat secara acak atau random (misalnya dengan menggunakan tabel nomor random, seperti yang tersedia pada hampir semua buku yang membahas tentang *work sampling*), dan kemudian mencatat hasilnya. Contoh nomor random ditunjukkan di bawah ini beserta dengan interpretasinya.

Nomor Random		Interprestasi (Kapan dilakukan observasi)
915	5:15 P.M.	(dimulai dengan 100 sebagian pkl 8.00 dan melompati jam makan siang)
723	3:23 P.M.	
019	8:19 A.M.	

Jika urutan nomor telah ditentukan, selanjutnya observasi dapat dibuat dan persentase dari waktu yang dibutuhkan oleh sebuah aktivitas dapat diestimasi sebagai berikut :

$$\text{Jumlah munculnya aktivitas A} = \frac{\text{Persentase munculnya kejadian A}}{\text{Total jumlah observasi}}$$

Jumlah observasi yang dilakukan dapat ditentukan dengan menggunakan dasar-dasar keilmuan, tapi secara umum harus dilakukan observasi yang cukup sehingga data yang terakumulasi stabil. Contohnya, Gambar 6.5 menunjukkan beberapa jenis respon dan total jumlah observasi yang sesuai yang harus dilakukan.



Gambar 6.5. Salah Satu Jenis Hasil *Work Sampling*

6.4. Perhitungan Performansi Sistem Organisasi

Seperti yang dijelaskan pada bab 6.1. tujuan dari sebuah organisasi biasanya merupakan kumpulan fungsi beberapa ukuran-ukuran (profit). Contohnya, keuntungan merupakan kumpulan fungsi yang bersama-sama membawa kualitas, kepuasan konsumen, penjualan, biaya tenaga kerja, bahan baku, energi, dan lain-lain. Pada dasarnya, terdapat

tujuan-tujuan lain yang mungkin tidak dapat dihitung dari keuntungan yang didapatkan, tapi biasanya mereka tidak terlalu penting dan kita tidak akan membahasnya disini.

Sistem pengendalian yang dibuat untuk mengoptimalkan keuntungan merupakan bagian dari sub sistem control masing-masing dengan tujuannya sendiri. Contohnya, perhitungan sistem hari kerja mengontrol karyawan secara langsung dengan membandingkan performansi ternaga kerja dengan performansi yang ditentukan oleh standart waktu (*work measurement*). Gambar 6.1 merupakan contoh perhitungan yang efisien. Skema pengawasan lain yang juga terkenal adalah *quality control*.

Satu hal yang harus dipertanyakan dalam hal ini adalah, apakah produktivitas penting atau tidak ? Apakah pembuktian yang didapatkan dari *System quality control* dan *work measurement* telah cukup, atau apakah kita masih membutuhkan sistem lainnya ? Terdapat semakin banyak bukti yang menunjukkan semakin dibutuhkannya sistem-sistem lainnya. Salah satu negara yang memimpin dalam pengembangan produktivitas (US), mendapatkan peningkatan produktivitas negaranya sangat rendah, begitu pengembangan tingkat produktivitas bagi negara-negara industri lainnya. Mungkin dengan menghitung dan mengembangkan produktivitas, kita dapat membalikkan trend ini..

6.4.1. Dasar Perhitungan Produktivitas

Perhitungan produktivitas merupakan rasio sederhana dari output dan input organisasi (Persamaan 6.1). Rasio ini dapat berupa perbandingan total maupun parsial. Contohnya, perhatikan Tabel 6.6. Dengan pengertian awal ini, mari kita lihat lebih mendalam perhitungan produktivitas ini. Pertama, perhitungan produktivitas ini tampaknya sederhana, dan kenyataannya dapat saja sedemikian. Walaupun demikian, hal-hal dibawah ini seringkali membuat perhitungan ini menjadi lebih sulit.

- Hubungan antar input dan output mungkin saja tidak jelas.
- Mungkin sangat sulit untuk mengukur output dan data input (misal, RS dan bank).
- Produk yang dihasilkan mungkin sangat bervariasi, mempengaruhi rasio sehingga sulit untuk dimengerti.
- Kualitas input dan atau output mungkin sangat bervariasi.
- Data mungkin sangat sulit didapatkan.

$$\begin{aligned} \text{Index produktivitas dinamis} &= \frac{\text{output tahun ini}}{\text{input tahun ini}} \\ &= \frac{\text{output tahun dasar}}{\text{input tahun dasar}} \end{aligned}$$

Terdapat 2 pendekatan perhitungan produktivitas yang terkenal. Pertama menggunakan model *group generated* dan disebut dengan *Normative Productivity Measurement Methodology* (NPM). Model yang kedua kurang dapat digunakan dibandingkan dengan model sebelumnya, yang dapat disesuaikan dengan berbagai model organisasi. Model kedua ini disebut sebagai *Multi Factor Productivity Measurement Model* (MFPMM). Masing-masing model ini akan dibahas secara mendetail.

Tabel 6.3. Indikator Produktivitas

Partial Measures	Composite
Units/Persons Hour Unit/Pound of Material Units/Million BTU of Energy	<i>Units</i> \$ Labor Cost + \$ Material Cost + \$ Energy Cost

6.4.2. *Normative Productivity Measurement Model* (NPMM)

NPMM berdasarkan pada pengembangan rasio produktivitas yang dibuat oleh manajer yang telah berpengalaman yang hanya dapat dipergunakan pada perusahaan-perusahaan tertentu. Metode ini sama dengan proses kelompok terstruktur yang dikenal sebagai *Nominal*

Group Tecnique (NGT). Walaupun bukan merupakan metode yang dapat digunakan untuk mengukur semua perhitungan produktivitas, NPMN biasanya dapat membawa kita pada konsensus kelompok, yaitu untuk mengetahui hal-hal apa saja yang penting untuk diawasi.

Pertama kali, prosedur ini harus membentuk atau mengembangkan sebuah kelompok. Umumnya dipilih 5 sampai 12 orang. Mereka harus sangat familiar dengan organisasi dan harus mampu mengungkapkan berbagai hal yang diinginkan oleh kelompok. Selanjutnya kelompok tersebut diberikan instruksi untuk melakukan perhitungan produktivitas, indikasi yang penting bagi perusahaan kita. Kemudian kelompok tersebut harus melakukan *Nominal Group Tecnique* (NGT), prosesnya, (yang harus diikuti dengan sangat hati-hati oleh semua anggota group) adalah sebagai berikut :

- a. *Silent Generation* - Masing-masing orang ditugaskan untuk membuat daftar perhitungan.
- b. *Rond Robin* - Setelah 5-15 menit, anggota group diperintahkan untuk mengungkapkan ide-idenya. Setiap anggota kelompok memberikan deskripsi yang ringkas mengenai 1 jenis pengukuran. Kemudian orang lain melakukan hal yang sama, begitu seterusnya. Ini berlangsung terus menerus sesuai dengan kepentingannya, sampai daftar perhitungan semua anggota kelompok selesai dipresentasikan.
- c. *Group Darification* - Pertama, semua ide diklarifikasi, kemudian ide yang tumpang tindih atau sama diidentifikasi dan dihubungkan (biasanya, beberapa ratio yang dibuat sama atau sangat mirip sehingga dapat dikombinasikan).
- d. *Voting* - Setiap orang diberikan N kartu (N ditentukan oleh ketua) dan diperintahkan untuk mendaftarkan N ide atau rasio terbaik. Setelah itu, masing-masing orang memilih :
 - 1) Yang terbaik dan memberikannya nilai sebesar N.
 - 2) Yang terendah dari daftar mereka dan memberikan nilai 1 point.
 - 3) Yang terbaik ke-2 dan memberikan nilai N- 1
 - 4) Yang terburuk no.2 dan memberikan nilai 2 dan seterusnya.

Hasilnya adalah seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 6.3. Dari hasil ini kita dapat melihat 2 hal. Pertama dan yang paling penting, terdapat konsensus yang sangat kuat tentang apa yang penting dan apa yang seharusnya dimonitor. Kedua, terdapat beberapa kebingungan dalam perhitungan produktivitas. Perhitungan 1, 4, 5 merupakan perhitungan produktivitas tapi 2 dan 3 bukanlah perhitungan produktivitas (mereka lebih merupakan perhitungan efektivitas dibandingkan dengan rasio antara output dengan input). Kebingungan ini merupakan hal yang normal dan seharusnya ini adalah sesuatu yang diharapkan.

Tabel 6.4. Hasil Rasio Produktivitas dari NGT

	Pendapat Individu (5=Sangat Penting, 1 = Paling Tidak)	Nilai Pendapat (Total)
1. Unit per Tenaga kerja langsung	5-4-4-3-4-5	5/12
2. Jumlah order yang terpenuhi tepat waktu	3-2-2-1-1	5/9
3. Jumlah pelanggan dengan order yang berulang	1-1-3-5	4/10
4. Unit per milyar BTU (Energi)	4-5-5-4-5	5/23
5. Unit per ton material yang dibeli	2-3-1	3/6

6.4.3. Multi Factor Productivity Measurement Model (MFPMM)

MFPMM merupakan pendekatan yang lebih komprehensif dan analitis dalam pengukuran perubahan produktivitas. Pada dasarnya, menurut MFPMM, profit dapat berpengaruh pada organisasi dengan 2 jalan, yaitu:

- a. Perbaikan harga
- b. Perubahan produktivitas.

6.5. Perancangan dan Pengukuran Kerja dengan Komputer

Komputer memiliki pengaruh yang sangat besar dalam area perhitungan dan perancangan kerja, khususnya dalam pengukuran kerja (*work measurement*). Contoh : beberapa perusahaan menggunakan microprosesor yang dihubungkan secara langsung dengan stasiun kerja. Dengan cara ini dapat dibuat *time study* yang berdasarkan pada perhitungan yang sangat akurat untuk selang waktu yang lama.

Telah terdapat berbagai pekerjaan yang menggunakan *system predetermined time* yang terkomputerisasi. Contohnya, komputer dapat membuat kode aktivitas sederhana, melihat *predetermined time*, dan melakukan semua perhitungan. Pendekatan lain yang lebih rumit adalah dengan menyimpan waktu yang telah ditentukan sebelumnya, untuk digunakan pada level aktivitas yang lebih tinggi (beberapa elemen telah ditentukan sebelumnya seperti dalam standar data) dan menggunakannya jika sesuai.

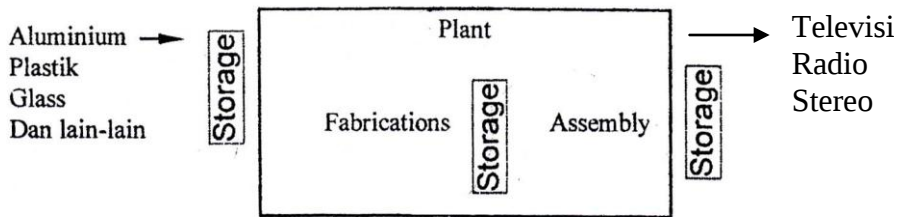
Ketika produk yang sama diproduksi, penyimpanan data sesuai dengan deskripsi dapat dilakukan, seperti misalnya berat atau material yang digunakan. Dengan cukup menjelaskan suatu produk pada komputer, waktu standart yang sesuai bisa didapatkan. Interpolasi dapat digunakan untuk karakteristik yang sebelumnya belum pernah dilakukan.

Terakhir, berbagai cara dapat digunakan oleh komputer untuk membuat angka random. Angka random ini dapat digunakan dalam perancangan *prosedur work sampling*.

BAB VII

PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN OPERASIONAL

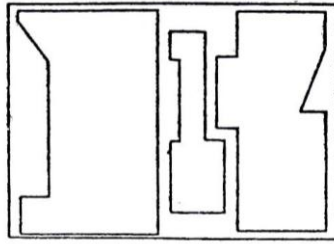
7.1. Analisa Regresi Sebagai Pengendalian Operasional



Gambar 7.1. Contoh Industri Manufaktur yang telah disederhanakan

Beberapa pengamatan pada bagian ini sangatlah penting untuk dilakukan. Pertama, pasti terdapat banyak sekali konfigurasi yang berbeda dengan masing-masing tiga produk utama. Contohnya, terdapat banyak ukuran dan jenis televisi. Kedua, produk yang berbeda akan terdiri dari beberapa komponen yang sama. Itu adalah hal yang sangat lumrah, misalnya ketiga jenis produk tersebut akan menggunakan *switch* yang sama. Ketiga, komponen yang berbeda mungkin terdiri dari bahan baku yang sama. Contohnya, beberapa komponen untuk masing-masing produk mungkin menggunakan gulungan aluminium yang sama. Ke-3 komponen yang terlihat pada Gambar 7.1 dapat saja merupakan produk yang berbeda.

Lembar Aluminium



**Gambar 7.2 Komponen dari 3 Jenis Produk untuk
Dibuat dari Lembar Aluminium yang sama**

Secara matematis :

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{i=1}^n X_{t-i}}{n}$$

Dimana :

$\hat{X}_t$ = Peramalan permintaan untuk periode t

X_{t-i} = Permintaan aktual untuk periode t - i

n = Jumlah periode waktu yang termasuk dalam *moving average*

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_i X_{t-i}}{n}$$

Dimana :

C_i = Bobot yang diberikan untuk dapat ke-i

$$\sum_{i=1}^n C_i = n$$

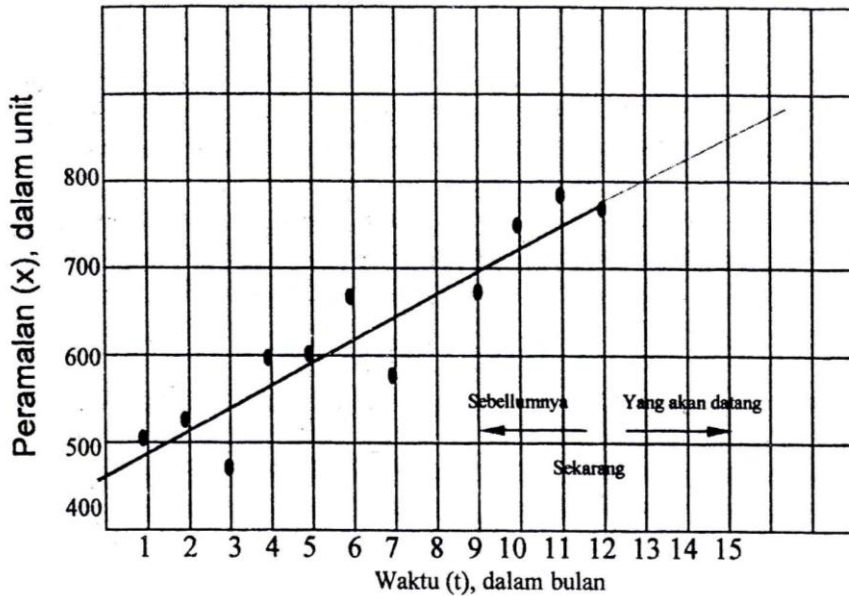
7.1.1 Analisa Regresi

Ketika pola permintaan sesara konsisten naik/turun, kita dapat mengembangkan fungsi peramalan kita dengan menggunakan analisa regresi, yang secara lengkap dapat dilihat pada hampir seluruh literatur-literatur tentang statistik.

Konsep dari penggunaan analisa regresi untuk peramalan adalah bahwa semua faktor yang mempengaruhi sistem di masa lalu akan terus berlanjut di masa yang akan datang. Dengan demikian peramalan menjadi sebuah penentuan garis trend secara umum dan garis tersebut dapat diextrapolisasi di masa yang akan datang.

Tabel 7.1.
Catatan Penjualan Super Gadget Selamat Satu Tahun

Bulan	Permintaan
Januari	500
Februari	510
Maret	480
April	600
Mei	600
Juni	660
Juli	590
Agustus	700
September	680
Oktober	740
November	790
Desember	760



Gambar 7.3. Ilustrasi dari Analisa Regresi untuk Trend yang Meningkat

$$\hat{X}_t = a + bt$$

$$\hat{X}_t = \frac{\sum_{i=1}^n t_i X_{t-i} - \sum_{i=1}^n t_i \sum_{i=1}^n X_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n t_i \right)}$$

Dimana n adalah jumlah periode data yang dimasukkan dalam perhitungan. Dengan menggunakan persamaan ini pada Gambar 7.3, didapatkan $b = 27,8$ dan $a = 452,6$.

Dengan demikian persamaan peramalan kita adalah :

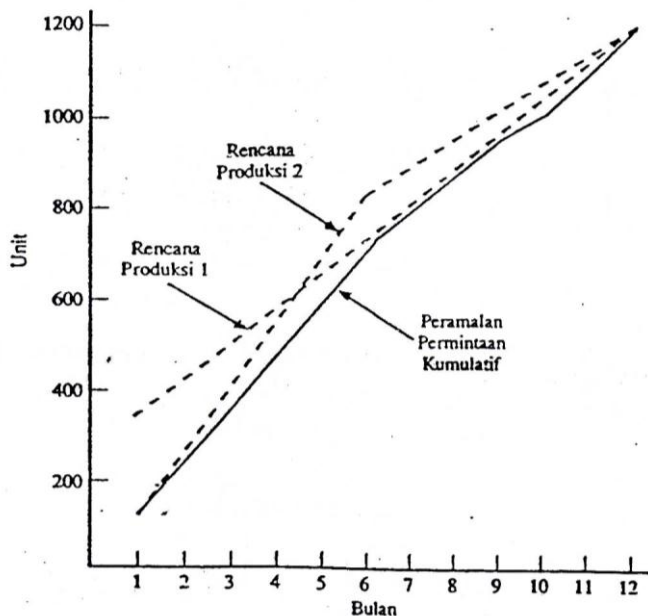
$$\hat{X}_t = 452,6 + 27,8t$$

7.1.2. Teknik-Teknik Perencanaan Operasi

Fungsi peramalan permintaan adalah untuk mengestimasi berapa unit dari masing-masing produk akan diminta oleh konsumen dan kapan selama periode perencanaan tersebut permintaan akan terjadi. Perencanaan operasional harus mengkonversikan ramalan permintaan tersebut menjadi program produksi yang lengkap dimana semua sumber daya (orang, mesin dan material) dikoordinasikan untuk mendapatkan keuntungan yang paling maksimal.

Tabel 7.2
Peramalan Permintaan Tiap Bulan dan Kumulatif dalam Unit

	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Permintaan	103	117	115	121	123	109	89	74	71	73	81	98
Kumulatif	103	220	335	456	579	688	777	851	922	995	1.067	1.174



Gambar 7.4. Peramalan Permintaan Kumulatif untuk Tabel 7.2

Tabel 7.3.
Rencana Produksi 1 dan 2 dari Gambar 7.6

Bulan	Peramalan Permintaan	Kumulatif Peramalan	Rencana Produksi 1			Rencana Produksi 2		
			Awal Persediaan	Produksi	Akhir Produksi	Awal Persediaan	Produksi	Akhir Produksi
1	103	103	340	70	307	100	120	117
2	117	220	307	70	260	117	120	120
3	115	335	260	70	215	120	120	125
4	121	456	215	70	164	125	120	124
5	1223	579	164	70	111	124	120	121
6	109	688	111	70	72	121	120	132
7	89	777	72	70	53	132	60	103
8	74	851	53	70	49	103	60	89
9	71	922	49	70	48	89	60	78
10	73	995	48	70	45	78	60	65
11	81	1.076	45	70	34	65	60	44
12	98	1.174	34	70	6	44	60	6

Hampir semua permasalahan persediaan harus memberikan jawaban untuk dua buah pertanyaan.

- a. Berapa besar pesanan/order yang dibuat (baik itu dari penjual/supplier maupun fasilitas produksi sendiri) pada saat tertentu?
- b. Kapan (atau berapa sering) pesanan harus dibuat ?

Dalam masing-masing pertanyaan ini terdapat biaya yang saling berlawanan. Pada pertanyaan pertama, faktor biaya akan terjadi jika order yang dibuat terlalu banyak/terlalu sedikit dalam satu waktu. Pada pertanyaan kedua, faktor biaya akan terlibat order dibuat terlalu sering/terlalu jarang. Tujuan kita secara umum adalah untuk menentukan tindakan yang dapat meminimasi total biaya yang harus dikeluarkan.

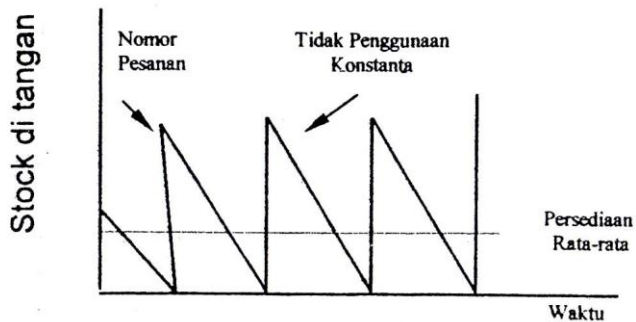
Persamaan total biaya sangat tergantung pada kondisi-kondisi tertentu. Beberapa model akan dikembangkan pada bagian ini. Akan sangat membantu jika kita sebelumnya mempelajari bagian-bagian utama dari biaya persediaan.

- a. Biaya pengadaan (*Procurement cost*) - biaya pengadaan dari sebuah produk yang dibeli adalah biaya pemesanan, yang terdiri dari biaya pembuatan order dan proses pembelian. Secara umum biaya pemesanan terdiri dari semua biaya yang besarnya/jumlahnya dipengaruhi oleh jumlah dilakukannya order/pemesanan dalam satu periode waktu.
- b. Biaya Penyimpanan (*Carrying Cost*) - adalah biaya penyimpanan persediaan yang terdiri dari beberapa komponen biaya, yaitu
 - 1) Biaya dari uang yang diinvestasikan dalam persediaan yang dapat saja digunakan untuk yang lain.
 - 2) Biaya dari uang penyimpanan - biaya gudang perlengkapan seperti penyediaan tekanan, penerangan, dan lain-lain.
 - 3) Biaya penyusutan, kerusakan, dan kehilangan.
 - 4) Biaya untuk asuransi dan pajak untuk persediaan.

Model persediaan klasik akan menentukan jumlah optimal unit yang harus dipesan setiap kali order dibuat. Jumlah ini didapatkan dengan menggunakan beberapa asumsi, yaitu :

- a. Tingkat penggunaan item linear dan diketahui dengan pasti.
- b. Order diterima tepat pada saat order dibuat (lead timenya adalah nol)

Sistem operasi persediaan dari kondisi ideal ini akan bersifat seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7.5. Dengan kondisi yang kita asumsikan ini, kita dapat menunggu sampai persediaan mencapai nol, kemudian baru membuat order sesuai dengan jumlah yang diinghikan. Order tersebut akan diterima saat itu juga. Tujuan kita adalah menentukan jumlah unit yang harus dipesan setiap kali order dibuat.



Gambar 7.5. Sistem Inventory/Persediaan yang Ideal

Selanjutnya kita akan menggunakan simbol-simbol dibawah ini untuk mengembangkan model.

TC = Total biaya

PC = *Procurement cost* untuk masing-masing pemesanan/order

CC = *Carrying cost/unit/tahun*.

D = Pemiintaan/penggunaan item/tahun

Q = Jumlah yang diorder setiap kah order dibuat (*lot size*)

Qo = *Lot size* optimal.

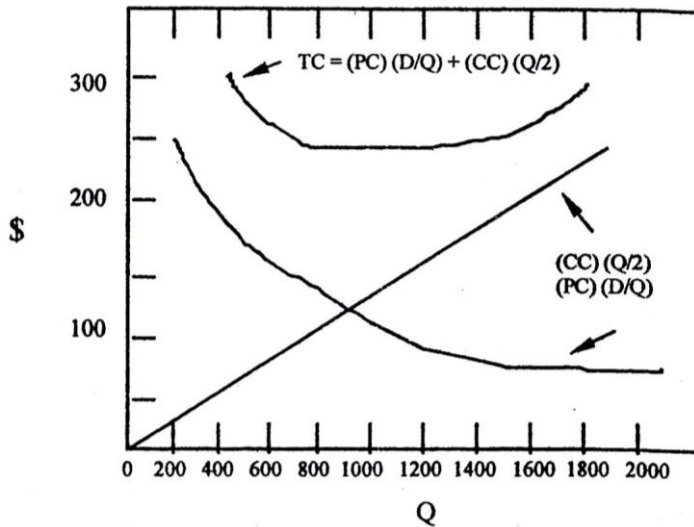
$$\text{Procurement Cost/tahun} = PC = \frac{D}{Q}$$

$$\text{Carryin Cost/tahun} = CC = \frac{Q}{2}$$

Persamaan total biaya dapat ditulis sebagai berikut :

$$TC = PC = \frac{D}{Q} + CC = \frac{Q}{2}$$

$$\begin{aligned} TC &= \$ 10.000 \frac{10.000}{2.000} + \$ 0,20 \frac{2.000}{2} \\ &= \$50 + \$200 = \$250 \end{aligned}$$



Gambar 7.6. Fungsi Total Biaya Untuk Model Persediaan Klasik
Dimana $D = 10.000$ unit/tahun, $CC = \$0,20$ per unit per tahun,
dan $PC = \$ 10.000$ per order

Tujuan kita adalah untuk menentukan nilai dari Q tertentu yang akan meminimasi persamaan total biaya. Pada Gambar 7.6 kita lihat bahwa nilai minimum dalam kurva TC terjadi pada titik yang memiliki nilai slope kurva nol. Dari perhitungan diferensial, kita tahu bahwa turunan pertama fungsi matematika akan memberikan nilai tertentu pada saat nilai slope dari fungsi sama dengan nol (tingkat perubahan yang tetap). Dalam kasus ini, kita mencari titik dimana nilai slopenya adalah nol. Pendekatan yang kita pakai ada 67), berikan nilai nol pada persamaan, dan kemudian dapatkan nilai Q_0 , lot size optimal :

$$\frac{d(TC)}{dQ} = -PC \frac{D}{Q^2} + \frac{CC}{2} \quad (7.8)$$

$$= -PC \frac{D}{Q^2} + \frac{CC}{2} = 0 \quad (7.9)$$

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2(PC)(D)}{CC}} \quad (7.10)$$

Dengan mensubstitusi nilai dari contoh ke persamaan 7.10 kita mendapatkan:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{12(\$10,00)(10.000)}{\$0,20}} = 1.000 \text{ unit}$$

7.1.3. Teknik Penjadwalan Operasional

Peramalan permintaan (bagian 7.3) menyediakan kita estimasi permintaan untuk masing-masing produk selama masing-masing periode waktu operasi. Perencanaan operasional (bagian 7.4) mengembangkan rencana produksi pada phase waktu tertentu dimana sumber daya yang disediakan akan disesuaikan dengan kebutuhan produksi. Perencanaan dan pengendalian produksi (bagian 7.5) mengatur aliran material, komponen dan produk yang masuk, berada, dan keluar dari sistem produksi. Fungsi penjadwalan operasi harus menyesuaikan order produksi dengan beban kerja yang telah ada dari berbagai departemen/fasilitas produksi.

7.1.4. Tujuan dari Penjadwalan Operasional

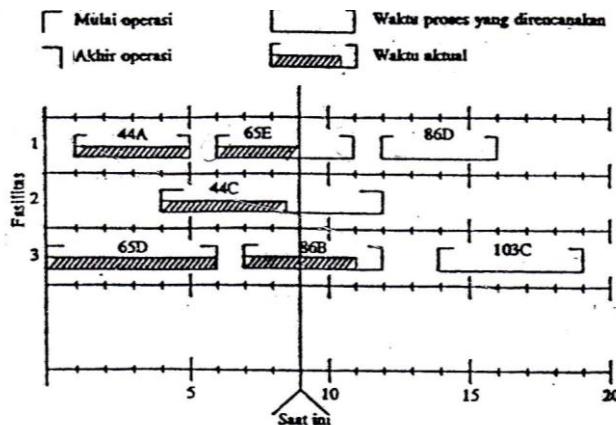
Tujuan dari perencanaan operasional ini adalah untuk menugaskan operasi tertentu pada fasilitas produksi dengan waktu mulai dan berhenti yang ditentukan.

Penjadwalan operasi bermaksud untuk menugaskan pekerjaan pada fasilitas yang dibutuhkan yang dapat meminimasi berbagai biaya yang berhubungan dengan proses manufaktur. Biaya ini ditimbulkan oleh beberapa faktor seperti persediaan dalam proses, tenaga kerja dan peralatan menganggur karena berbagai alasan, lembur, order yang diselesaikan diluar jadwal, dan seterusnya.

Sangat sulit untuk mempelajari pengendalian tertutup dalam lingkungan dinamis seperti yang dijelaskan diatas. Dalam keadaan yang sulit ini, bagaimanapun fungsi penjadwalan harus tetap dibuat. Tujuan dari perencanaan operasi adalah :

- Order yang memiliki persentase yang tinggi diselesaikan tepat waktu.
- Utilitas yang tinggi dari fasilitas dan tenaga kerja.
- Persediaan dalam proses yang rendah
- Lembur yang rendah
- Rendahnya tingkat kekurangan stok dari item yang diproduksi.

Gantt chart dasar yang digunakan untuk penjadwalan ditunjukkan oleh Gambar 7.7. Kegiatan yang ditugaskan pada masing-masing fasilitas diurutkan dalam jadwal yang feasibel. Kemajuan aktual dibuat juga dalam chart yang sama untuk menunjukkan setiap deviasi yang terjadi dari rencana waktu proses operasi. Status dari masing-masing fasilitas dapat dilihat pada chart tersebut. Operasi 44A dan 65D telah selesai dilaksanakan. Operasi 86B, selesai 2 hari lebih awal dibandingkan dengan jadwal. Operasi 86D dan 103C telah dijadwalkan tapi belum dimulai. Kita harus mengetahui bahwa skala waktu yang digunakan harus sesuai jam, hari, minggu atau bulan.



Gambar 7.7. Penjadwalan dengan Menggunakan Gantt Chart

7.2. Sistem-Sistem MRP

Salah satu pengembangan yang sangat penting dalam perencanaan dan pengendalian produksi adalah sistem perencanaan kebutuhan material (*Material Requirement Planning*) dan turunannya - MRP II (*Material Resource Planning*) dan *close loop* MRP. Pembahasan MRP yang lengkap dapat dilihat pada sumber-sumber lainnya. Tujuan kita disini adalah untuk memperkenalkan konsep ini dan mengilustrasikan kegunaan MRP dalam mengatur operasi secara efektif.

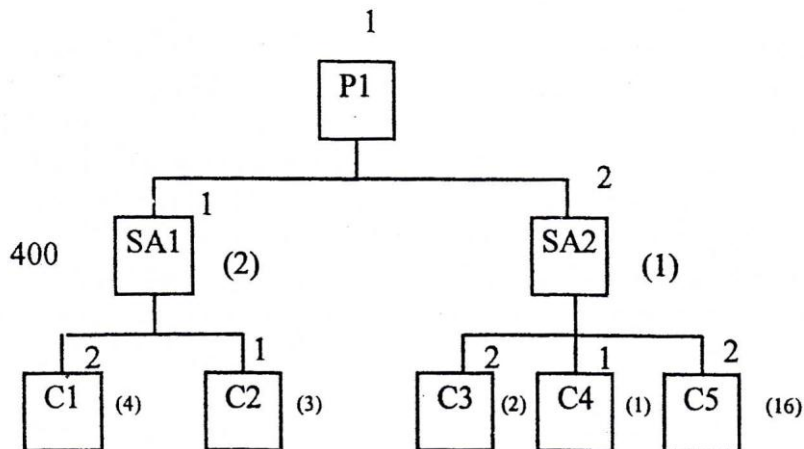
Konsep dasar dari perencanaan operasi telah diberikan pada bagian 7.4 Output utama dari perencanaan operasi adalah *material production schedule*, yang merupakan sebuah daftar dari produk-produk yang akan diproduksi dalam masa periode waktu. Ini merupakan input utama dalam MRP.

Input lain dalam MRP adalah *bill of material* (BOM) untuk masing-masing produk. BOM akan secara lengkap memecah-mecah produk dalam berbagai subassembly, komponen-komponen, dan bahan baku produk. Pemecahan-pemecahan ini juga ditunjukkan dalam bentuk struktur produk, yang contohnya ditunjukkan oleh Gambar 7.8 PI menunjukkan produk 1 ; SAI dan SA2 menunjukkan subassembly 1 dan subassembly 2 ; C1 sampai C5 menunjukkan komponen-komponen 1, 2, 3, 4, dan 5. Nilai yang terletak di sebelah kanan dari masing-masing kotak menunjukkan jumlah unit item yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 unit item di atasnya (item yang berada pada level yang lebih tinggi pada struktur produk). Contoh, 4 C1 dibutuhkan untuk memproduksi 1 unit SAI dan 2 SAI dibutuhkan untuk memproduksi 1 unit Pl. Delana unit C1 dibutuhkan untuk memproduksi 1 unit Pl. Nilai yang terletak diatas kotak menunjukkan *lead time* untuk masing-masing item. *Lead time* merupakan periode waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan item tertentu. Contohnya *lead time* untuk SA2 adalah 2 period waktu.

Program MRP (biasanya berbentuk program komputer yang menghitung jumlah untuk masing-masing subassembly dan komponen yang dibutuhkan untuk memproduksi jumlah tertentu dari produk akhir. Ini dilakukan dengan membagi kebutuhan produk akhir menjadi komponen-komponen pada level dibawahnya, sesuai dengan struktur produk.

Misal MPS (*Material Production Schedule*) kita menjadwalkan 200 unit produk P1 pada minggu 17. Berdasarkan diagram struktur produk pada Gambar 7.8 kita dapat menghitung jumlah unit masing-masing subassembly dan masing-masing komponen yang akan diperlukan.

SA1	400
SA2	200
C1	1.600
C2	800
C3	400
C4	200
C5	3.200



Gambar 7.8. Diagram Struktur Produk Untuk Produk I

7.3. *JIT Manufacturing*

Perusahaan yang ingin menerapkan filosofi JIT harus memperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. **Aliran material yang lancar.** Sederhanakan pola aliran material. Untuk itu dibutuhkan akses langsung dengan dan dari bagian penerimaan dan pengiriman. Tujuannya adalah untuk mendapatkan aliran yang tidak terputus dari bagian penerimaan dan kemudian antar tiap tingkat produksi yang saling berhubungan secara langsung sampai pada bagian pengiriman. Apapun yang menghalangi aliran yang merupakan target yang harus diselidiki dan dieliminasi.
2. **Pengurangan waktu set-up.** Sesuai dengan JIT, terdapat beberapa bagian produksi diskret yang memiliki waktu set-up mesin yang kadang-kadang membutuhkan waktu beberapa jam. Hal ini tidak dapat ditoleransi dalam sistem JIT. Pengurangan waktu set-up yang dramatis telah dapat dicapai oleh berbagai perusahaan, kadang dari 4-7 jam menjadi 3-7 menit. Ini membuat ukuran batch dapat dikurangi menjadi jumlah yang sangat kecil, yang mengizinkan perusahaan menjadi sangat fleksibel dan responsif dalam menghadapi perubahan permintaan konsumen.
3. **Pengurangan lead time vendor (penjual).** Sebagai pengganti dari pengiriman yang sangat besar dari komponen-komponen yang harus dibeli setiap 2/3 bulan, dengan sistem JIT kita ingin menerima komponen tepat pada saat operasi produksi membutuhkan. Untuk itu perusahaan kadang-kadang harus membuat kontrak jangka panjang dengan vendor untuk mendapatkan kondisi seperti ini.
4. **Komponen zero defect.** Sistem JIT tidak dapat mentoleransi komponen yang cacat, baik itu yang diproduksi maupun yang dibeli. Untuk komponen yang diproduksi, teknik kontrol statistik harus digunakan untuk menjamin bahwa semua proses sedang memproses komponen dalam toleransi setiap waktu. Untuk komponen yang dibeli, vendor diminta untuk menjamin bahwa semua produk yang

mereka sediakan telah diproduksi dalam sistem produksi yang diawasi secara statistik. Perusahaan akan selalu memiliki program sertifikasi vendor untuk menjamin terlaksananya hal ini.

5. **Kontrol rantai produksi yang disiplin.** Dalam sistem pengawasan rantai produksi tradisional, penekanan diberikan pada peningkatan utilitas mesin, waktu produksi yang panjang yang dapat mengurangi biaya set-up dan juga pengurangan waktu pekerja. Untuk itu, order produksi dikeluarkan dengan memperhatikan faktor-faktor ini. Dalam JIT, perhitungan performansi tradisional ini sangat jauh dari keinginan untuk membentuk persediaan yang rendah dan menghilangkan hal-hal yang menghalangi operasi yang responsif. Hal ini membuat waktu awal pelepasan order yang tepat dapat dilakukan setiap saat ini juga berarti, kadang-kadang mesin dan operator mesin dapat saja menganggur. Banyak manajer produksi yang telah menghabiskan sebagian besar waktunya untuk menjaga agar mesin dan tenaga kerja tetap sibuk, mendapatkan kesulitan membuat penyesuaian-penyesuaian yang dibutuhkan agar berhasil menggunakan operasi JIT. Perusahaan yang telah berhasil mengimplemantasikan filosofi JIT akan mendapatkan manfaat yang sangat besar.

BAB VIII

PENGENDALIAN KUALITAS

Kualitas dinilai oleh konsumen. Kualitas adalah pencapaian dan pemenuhan kebutuhan konsumen. Kualitas adalah menyenangkan hati konsumen. Ia merupakan kepuasan konsumen. Kualitas terdengar begitu saja sederhana, namun hanya perusahaan-perusahaan terbaik yang memiliki skala global yang mampu memberi perhatian serius terhadap hal ini.

8.1. Sejarah Singkat

Sepanjang abad XX, ada berbagai ide yang berkaitan dengan kualitas seperti *quality control*, *statistical process*, *design experiment*, *quality planning*, *quality process control*, *design experiment*, *quality planning*, *quality cost*, keandalan *reability*, *quality circles*, *zero defect*, *quality cost*, *quality function deployment*, *total quality management*, *benchmarking*, dan lain-lain. Topik-topik tersebut diatas dan topik yang lainnya telah memberikan semangat, penelitian dan implementasi. Beberapa telah berhasil diimplementasikan di beberapa tempat, tapi ada juga yang gagal.

Perusahaan-perusahaan mengalami perkembangan. Setelah Perang Dunia Kedua, perusahaan-perusahaan tidak terlalu dipengaruhi oleh peperangan yang terjadi dan mengalami tidak terlalu banyak persaingan global. Keuntungan jangka pendek yang tinggi dicapai dengan tingkat produksi yang tinggi. Banyak perusahaan manufaktur mengabaikan kualitas untuk mendorong produksi dan hanya sedikit alasan untuk berubah sepanjang pasar dan keuntungan tetap besar.

Persaingan global semakin meningkat seiring dengan perubahan situasi. Industri-industri dan perusahaan-perusahaan terancam tutup, tingkat pengangguran yang tinggi dan hilangnya berbagai pekerjaan

dengan bayaran tinggi. Perusahaan di seluruh dunia yang mengabaikan peningkatan kualitas untuk meningkatkan produksi menghadapi masalah yang pelik. Hal ini disebabkan oleh banyaknya perusahaan baru yang mampu meningkatkan kualitas dan produktivitas dengan biaya rendah. Tidak ada industri ataupun perusahaan yang terbebas dari situasi baru ini.

8.1.1 *The Malcolm Baldrige National Quality Award*

Sebuah kejadian yang paling dramatis pada dekade sebelumnya dalam pembangunan kualitas di AS adalah penganugerahan *The Malmolm Baldrige National Quality Award* (MBNQA) dengan kriteria yang cukup luas dan secara de facto didefenisikan sebagai *Total Quality Management* (TQM).

Ada beberapa konsep kualitas berdasarkan kriteria MBNQA dan perkembangan kualitas dewasa ini.

a. Kualitas ditentukan oleh konsumen.

Karena kualitas ditentukan oleh konsumen, semua atribut produk dan jasa yang memberikan kontribusi nilai kepada konsumen dan mempengaruhi pilihan konsumen harus dipertimbangkan dalam sebuah sistem kualitas. Kualitas yang ditentukan oleh konsumen membutuhkan kesadaran yang tetap dari perubahan keinginan dan kebutuhan konsumen dan respon yang cepat untuk mencapai syarat-syarat ini.

b. Kepemimpinan menentukan kualitas.

Seorang pemimpin senior sebuah perusahaan harus menciptakan nilai-nilai kualitas yang jelas, tujuan yang spesifik, sistem yang terdefinisi dengan baik dan metode-metode untuk mencapai tujuan. Sistem dan metode ini dibutuhkan untuk mengarahkan semua aktivitas perusahaan dan mendorong partisipasi seluruh karyawan. Pemimpin senior sebuah perusahaan dapat membangun atau menghancurkan perusahaan.

c. Sistem dua proses yang dioptimalkan.

Keunggulan kualitas diperoleh dari sistem serta proses kerja yang terdefinisi dan terlaksana dengan baik (ini merupakan apa yang harus diperhatikan oleh insinyur-insinyur teknik industri). Kualitas dicapai dengan memfokuskan diri kepada sistem dan proses dengan memberikan prioritas pada hal-hal yang utama. Hal ini tidak dapat dicapai dengan inspeksi dan koreksi produk atau jasa setelah mereka dibuat atau dikirim.

d. Pengurangan response-time.

Pertemuan antara perubahan persyaratan dan harapan konsumen dalam pasar yang kompetitif membutuhkan lingkaran yang lebih pendek antara *concept – design – build - deliver*. Contohnya, sebuah perusahaan pembuat kendaraan yang mampu menghasilkan kendaraan dengan konsep baru dengan tiga tahun akan jauh meninggalkan perusahaan lain yang membutuhkan waktu empat sampai lima tahun. Pengurangan waktu respon sering terjadi saat proses kerja disederhanakan dan dipersingkat, biasanya juga menghasilkan peningkatan kualitas.

e. Pengembangan berkelanjutan.

Peningkatan kemampuan seluruh operasi dan aktivitas kerja dapat dilakukan dengan beberapa cara : (a) mengambil hati konsumen dengan memberi nilai lebih dan keistimewaan terhadap produk, (b) mereduksi kesalahan-kesalahan dan cacat, (c) meningkatkan *responsiveness* dan *cycle time performance*, (d) meningkatkan efisiensi dan efektivitas keseluruhan sumberdaya.

f. Segala tindakan berdasarkan fakta, data, dan analisa.

Kenyataan mengisyaratkan bahwa tindakan-tindakan harus diambil untuk merubah dan mengembangkan proses. Perubahan ini harus didasarkan pada informasi yang terpercaya. Pertama harus didapatkan data yang akurat. Kemudian harus dilihat kecenderungan-kecenderungan, tingkatan-tingkatan, dan hubungan sebab akibatnya. Data yang tepat, analisa yang baik, mengarahkan kita kepada fakta, pemahaman, dan pengetahuan terhadap proses. Satu hal terpenting

yang harus dipertimbangkan adalah ukuran-ukuran apa yang harus dikumpulkan dan dianalisa. pada sebagian besar perusahaan banyaknya kemungkinan hal-hal yang dapat dipertimbangkan hampir tak terbatas, Pemilihan terhadap hal-hal terpenting yang harus dipertimbangkan dapat dilakukan dengan bantuan beberapa cara analisa yang akan dijelaskan kemudian.

g. Perencanaan strategis dan tujuan yang tepat.

Sudah dijelaskan sebelumnya bahwa perencanaan adalah segalanya. Proses perencanaan pada sebuah organisasi harus jelas bagi semua orang. Para pekerja dari semua tingkatan harus mampu memberi masukan terhadap upaya-upaya perencanaan. Tujuan utama harus dipaparkan dengan arah yang jelas demi perusahaan. Perencanaan harus memberi arahan pada perusahaan dengan aktivitas-aktivitas yang spesifik bagi seluruh individu dan team pada semua level.

h. Pelatihan, pengembangan dan melibatkan karyawan.

Pengembangan nyata kearah kemajuan mensyaratkan bahwa didorong untuk berpartisipasi pada kegiatan-kegiatan pengembangan perusahaan secara berkesinambungan. Penghargaan dan pemberian imbalan harus merupakan bagian dari tujuan perusahaan. *World class* tak mungkin tercapai jika perusahaan menghargai karyawan adalah sebuah kesatuan dalam melibatkan mereka pada perkembangan selanjutnya.

i. Pelibatan supplier.

Hasil produksi dan jasa harus memiliki kualitas yang tinggi jika ingin meningkatkan kepuasan konsumen. Itulah mengapa supplier diperlakukan sebagai bagian dari perusahaan. Hubungan konsumen-supplier jauh lebih dekat dibandingkan dengan masa lalu, dengan perpindahan informasi proses secara rahasia jika itu mampu memberikan kualitas yang lebih baik. Persekutuan (*partnership*) akan terbentuk setelah kurun waktu yang panjang.

8.2. Gagasan Deming Terhadap Perbaikan Berkelanjutan

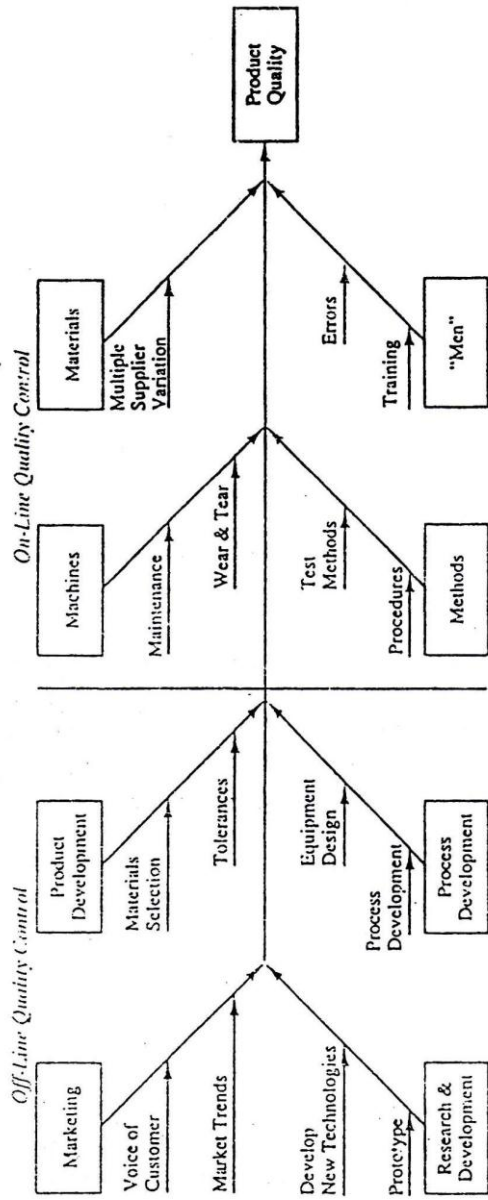
1. Ketetapan tujuan menuju pembangunan produk dan jasa, dengan maksud menjadi kompetitif dan tetap dijalur bisnis, serta menyediakan lapangan pekerjaan.
2. Gunakan filosofi baru. Kita di zaman ekonomi baru. Manajemen barat harus dibangun untuk memenuhi sebuah tantangan, harus mempelajari tanggung jawabnya, dan mengambil alih kepemimpinan demi perubahan.
3. Hilangkan ketergantungan terhadap pengawasan dalam mencapai kualitas. Kurangi kebutuhan akan pengawasan pada basis massa dengan membangun kualitas produk sebagai hal yang utama.
4. Akhiri praktek memberikan penghargaan bisnis berdasarkan label harga. Sebaliknya, kurangi biaya total. Gunakan supplier tunggal untuk satu jenis barang, untuk hubungan kesetiaan dan kepercayaan jangka panjang.
5. Kembangkan sistem produksi dan jasa secara tetap dan berkesinambungan, untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas, sehingga biaya (*costs*) dapat dikurangi.
6. Pengadaan pelatihan kerja.
7. Lembagakan kepemimpinan. Tujuan dari pengawasan haruslah untuk membantu orang-orang, mesin dan peralatan-peralatan agar dapat bekerja secara lebih baik. Pengawasan manajemen adalah dan pemeriksa keseluruhan, seperti pengawasan terhadap karyawan produksi.
8. Hilangkan rasa takut dan kekhawatiran, sehingga setiap orang dapat bekerja secara efektif demi perusahaan.
9. Hancurkan dinding pemisah antar departemen-departemen. Orang-orang pada bagian riset, disain, penjualan, dan produksi harus bekerja sebagai tim, untuk meramalkan masalah-masalah produksi dan dalam kaitannya dengan hal-hal yang mungkin dialarri produk jasa.

10. Hilangkan slogan-slogan, peringatan, dan target-target yang diharap untuk meningkatkan produktivitas. Peringatan-peringatan, misalm hanya akan menciptakan hubungan yang merugikan, yang merupakan penyebab terbesar dari penurunan kualitas dan produktivitas jasa.
11. a. Hapuskan standard kerja (quota) pada pabrik. Pergantian kepemimpinan.
- b. Hilangkan manajemen berdasarkan target (*management objective*)
12. a. Hapuskan hambatan-hambatan yang menyebabkan hilangnya hak untuk bangga terhadap kecakapan kerja mereka.
- b. Hapuskan hambatan-hambatan yang merampok hak orang-orang pada bagian manajemen dan *engineering* untuk merasa bangga akan kecakapan kerja mereka. Ini berarti *inter alia*, penghapusan pemberian penghargaan atau jasa tahunan dan penghapusan *management by objective*.
13. Adakan program pendidikan dan pengembangan diri.
14. Tempatkan setiap orang di perusahaan untuk bekerja dan menyelesaikan perubahan. Perubahan adalah tugas semua orang.

8.3. Sumbangan Juran terhadap Gagasan tentang Kualitas

Dr. J.M. Juran mungkin adalah ahli yang paling banyak menyumbangkan gagasan tentang kualitas. Dr. Juran, seorang insinyur dan pengacara, telah mengemukakan teori-teorinya, pengamatan dan pengetahuannya kepada para pemerhati di seluruh dunia melalui tulisan-tulisan orgnisasi konsultannya. Dr. Juran menghadirkan pendekatan-pendekatan pragmatis, mendetail dan terbaru untuk membantu para praktisi membangun sebuah organisasi yang menggunakan TQM sebagai sebuah realita.

Dr. Juran sering berbicara tentang Trilogi Juran, yang meliputi (1) perencanaan kualitas, (2) pengendalian kualitas, dan (3) pengembangan kualitas. Perencanaan kualitas menentukan kebutuhan-kebutuhan sekarang dan masa depan dari konsumen dan membangun produk dan proses agar dapat memenuhi atau melebihi kebutuhan tersebut. *Pengendalian kualitas* mengevaluasi performa aktual dengan membandingkannya dengan tujuan, dan mengambil langkah-langkah menghadapi pemborosan (sering dianggap sebagai operasi yang tidak memberikan nilai tambah). Pembahasan selanjutnya dari bab ini difokuskan pada beberapa hal spesifik yang digunakan dalam ketiga usaha tersebut.



Gambar 8.1. Pengendalian Kualitas OffOLine dan On-line

8.3.1. Bagian-bagian dalam Kontrol Kualitas On-Line vs Off-Line

Tabel 8.1
Beberapa A lat-alat Kualitas (*Quality Tools*)

<i>Quality function Deployment</i>	Mentransformasikan kebutuhan pelanggan menjadi kebutuhan terhadap produk dan produksi.
<i>Quality Cost System</i>	Estimasi carat dalam rupiah.
<i>Benchmarking</i>	Belajar dari yang terbaik
Alat-alat pengendalian Kualitas Statisik	1. Diagram Alir 2. Diagram Sebab Akibat 3. Formulir Pengumpulan Data 4. Bagan Pareto 5. Histogram 6. <i>Scatter Plot</i> 7. <i>Design Experiment</i> 8. <i>Control Chart</i>

8.3.2. *Quality Fuction Deployment (QFD)*

QFD adalah sebuah konsep yang membantu menterjemahkan kebutuhan konsumen ke dalam kebutuhan produk dan produksi. Gagasannya dimulai dengan mempelajari dan memahami kebutuhan konsumen dan memanfaatkan pengetahuan itu untuk menggerakkan pengembangan dan pembangunan proses. Lebih banyak waktu dihabiskan pada fase disain ini, namun secara keseluruhan akan dapat memperpendek waktu produksi dibandingkan apa yang kita lakukan di masa lalu.

⊙ Strong Relationship (Keterkaitan Kuat)

○ Medium Relationship (Keterkaitan Sedang)

△ Weak Relationship (Keterkaitan Lemah)

		Technical Characteristics			Ends		Number of Components	End Finish Technique	Pull-out Force	Roundness	Crimping Method
		ECC	Max T	Posit							
Good Performance	Low Loss	⊙		⊙			⊙			○	
	Repeatable Loss	○	△	⊙			○				
	Low Reflection						⊙			⊙	
	Wide Temp. Range		○								
Low Cost	Inexpensive Materials										△
	Fast Assembly						⊙				
	Inexpensive Tools										○

Gambar 8.2. Matriks QFD

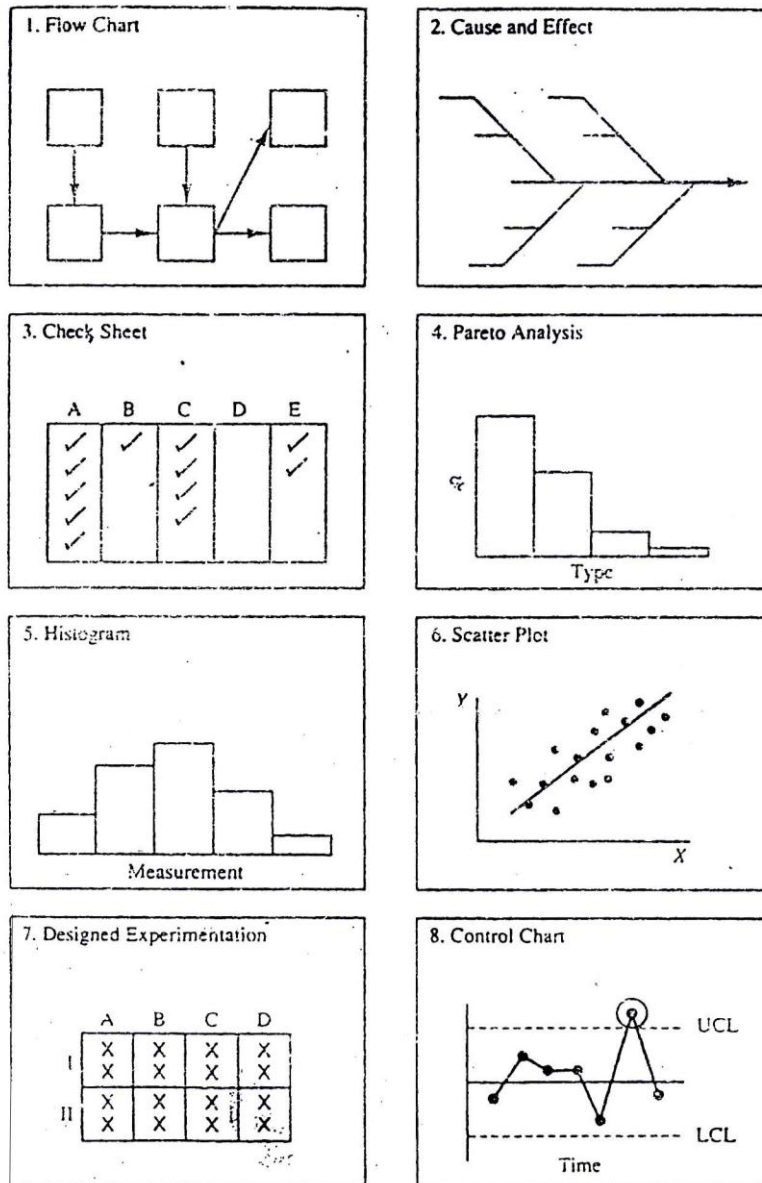
8.3.3. Quality Cost System

- a. **Internal failure cost**-biaya yang dihubungkan dengan ketidaksesuaian material, komponen, atau produk yang menyebabkan kerugian akibat pengerjaan ulang, perbaikan, tes ulang, pemotongan, penyortiran, dan lain-lain, sebelum dipasarkan ke konsumen.
- b. **External failure cost**-biaya yang dihubungkan dengan ketidaksesuaian produk yang menyebabkan kerugian seperti garansi, pengambilan, penghargaan, dan lain-lain, setelah dipasarkan.

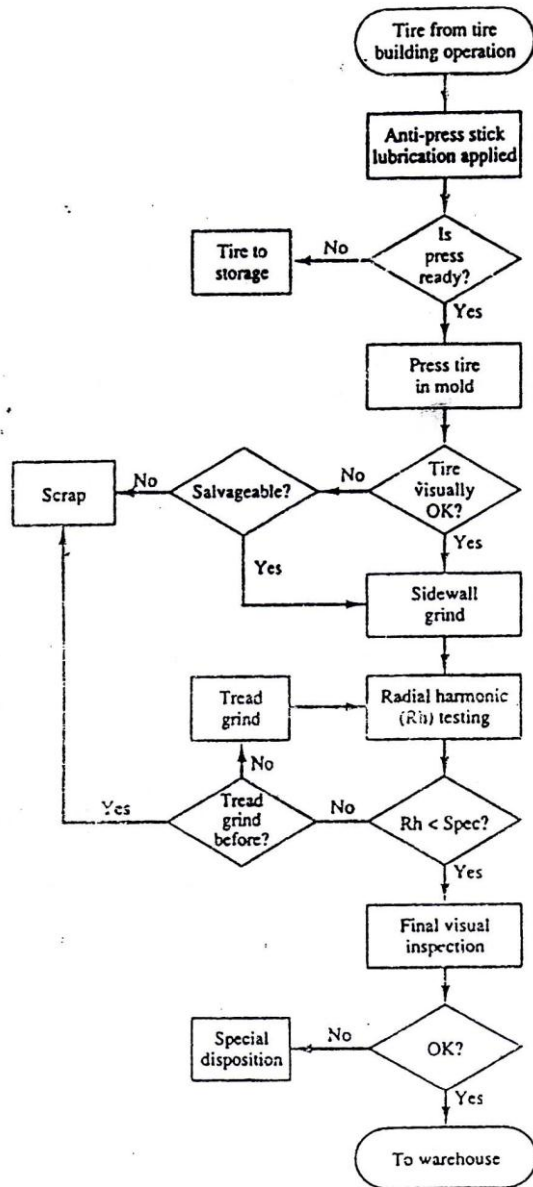
8.3.4. Benchmarking

- a. Kita sedang berusaha keras untuk belajar dari yang terbaik
- b. Kita sedang berusaha keras untuk menjadi yang terbaik.
- c. Kita berorientasi secara eksternal, melihat keluar membandingkan dengan perusahaan lain.
- d. Kita terutama memfokuskan diri pada pelaksanaan kerja yang terbaik (bagaimana melaksanakan proses-proses kerja utama).

8.3.5. Flowchart (Bagan Alir)



Gambar 8.3. Delapan Alat Dasar Pengendalian Kualitas Statistik



Gambar 8.4. Bagan Alir Proses Tire Cure and Finish

Beberapa petunjuk dalam pembuatan Flowchart :

- a. Tentukan batasan-batasan proses yang, akan dibuat dalam Tepatnya kapan dimulai dan kapan diakhiri.
- b. Mulailah membuat sebuah level yang memperlihatkan langkah kunci yang dilakukan dalam proses, tidak usah terlalu mendetail. Jika terasa kurang dapat digambarkan kembali secara lebih mendetail. Jika level tersebut terlalu panjang dan mendetail, dapat dilakukan pengurangan-pengurangan seperlunya.
- c. Biarkan simbol-simbol tetap sederhana. Hal ini dapat dibantu dengan menggunakan simbol-simbol flowchart pada program komputer.
- d. Pastikan tidak ada aliran-aliran buntu (*dead ends*) selain pada bagian “stop” atau loop yang terus mengalir tanpa akhir.
- e. Tunjukkan *loop umpan balik* dimana terjadi aliran terbalik untuk pengerjaan ulang, pemeriksaan dan lain sebagainya.
- f. Setelah membuat chart mengenai proses yang ada, kita mungkin ingin menghayalkan sebuah flowchart proses dimana segala sesuatunya bekerja dengan benar. Kedua chart tersebut kemudian dapat dibandingkan dan daerah-daerah penting yang dapat dikembangkan dapat ditentukan.
- g. Feedback loops merupakan tanda dari terjadinya sampan dan peluang untuk melakukan pengembangan.
- h. Pertimbangkan untuk mengumpulkan data secepatnya yang dapat meningkatkan pengetahuan nyata mengenai apa yang sedang terjadi didalam proses.
- i. Diantara setiap bagian dari kotak aksi atau langkah merupakan hubungan antara konsumen-supplier.

8.4. Diagram Sebab-Akibat (*Cause-and-Effect Diagram*)

Diagram sebab-akibat juga dikenal *sebagai fishbone diagram* atau *ishikawa diagram*. Diagram ini digunakan untuk meringkaskan pengetahuan mengenai kemungkinan sebab-sebab terjadinya variasi dan permasalahan lainnya. Diagram ini menyusun sebab-sebab variasi atau sebab-sebab permasalahan kualitas ke dalam kategori-kategori yang logis. Hal ini membantu team untuk menentukan fokus yang diambil dan merupakan alat yang sangat membantu dalam penyusunan usaha-usaha pengembangan proses. Hubungan diagram sebab-akibat untuk stasiun radio amatir K5KC dan WA5DSH.

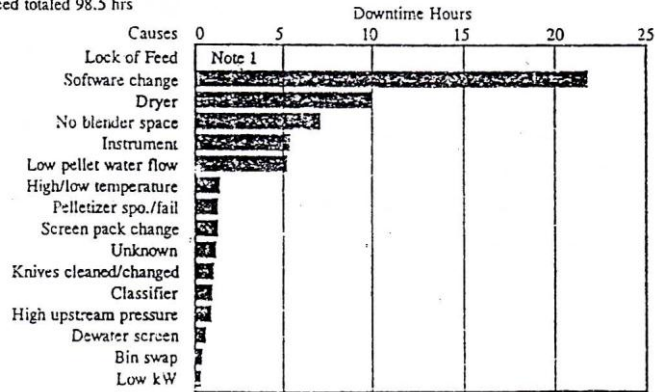
8.4.1. Analisa Pareto

Pareto merupakan sebuah prioritas. Analisa pareto membutuhkan data yang disesuaikan dengan jenis kategori, atau klasifikasi lainnya. Analis pareto ini akan membantu kita dalam memusatkan perhatian pada hal-hal yang penting. Analisa ini akan mengidentifikasi sejumlah kecil permasalahan vital atau jenis kerusakan dari berbagai macam hal.

Beberapa panduan yang akan menolong kita dalam membuat diagram pareto dan analisa Pareto adalah :

- a. Tentukan hal-hal yang akan dikumpulkan. Dalam hal ini termasuk sumbu perhitungan dalam diagram. Sumbu perhitungan ini dapat berupa perhitungan dari kejadian, seperti dollar/tahun, jumlah kejadian/bulan, downtime/minggu, jumlah kesalahan/100 faktor. Bagian ini juga menyangkut jenis, kategori atau klasifikasi kerusakan, seperti jenis kerusakan, area pabrik, waktu dalam minggu, negara dimana order diberikan, dan lain-lain.

Note 1 : Lack of feed totaled 98.5 hrs



Gambar 8.5. Diagram Pareto Downtime

- b. Mendefinisikan dengan jelas masing-masing klasifikasi yang akan digunakan pada sumbu klasifikasi. Defenisi ini harus dapat merangkul semua klasifikasi yang mungkin dan tidak terdapat defenisi yang saling tumpang tindih.
- c. Merancang formulir pengumpulan data. Mulai mengumpulkan data. Setelah mengumpulkan paling tidak 30 kejadian, buatlah diagram pareto dan lihatlah klasifikasi kejadian yang paling sering muncul. Diagram Pareto akan mengurutkan klasifikasi tersebut dari kejadian yang paling sering muncul menuju klasifikasi yang paling jarang terjadi.

Beberapa petunjuk yang dapat digunakan pada analisa Pareto:

- a. Yakinkan bahwa sumbu pengukuran benar-benar merupakan perhitungan “kejadian”. Jika terjadi perhitungan yang lebih dari satu yang memiliki arti yang sama (seperti persentase downtime, dan jumlah terjadinya suatu kejadian), buatlah masing-masing paretonya.
- b. Diagram pareto dapat dipecah-pecah lebih jauh. Analisa pareto dapat dilakukan dari data dengan balok yang paling besar. Dengan melakukan hal ini berulang-ulang seringkali akan membawa kita pada aspek proses yang tepat untuk dipelajari. Proses ini seringkali

disebut sebagai analisa “*macro-micro*” atau “*pareto-within-pareto*”. Contohnya, data kesalahan faktur yang paling sering muncul mungkin bisa didapatkan dengan meniecach jenis jenis faktur.

- c. Habiskan sebagian besar waktu untuk mendefenisikan klasifikasi sepanjang sumbu klasifikasi. Klasifikasi ini harus benar-benar jelas atau akan dapat terjadi kesalahpahaman karena klasifikasi yang tidak sesuai.

Beberapa paduan dalam membuat histogram :

- a. Karakteristik yang diperhatikan (seperti : berat, tinggi, kepekatan, titik lelah, waktu, dan lain-lain) disalahkan pada sumbu horisontal.
- b. Skala dari karakteristik yang diperhatikan tersebut biasanya dipecah-pecah dalam sel yang sama.
- c. Akan sangat baik jika batasan sel yang dibentuk dapat menampung semua data dan tidak terletak tepat pada batasan sel. Biasanya batasan sel dibuat satu desimal setelah data terakhir, dimana desimal yang paling akhir diakhiri dengan 5. Contohnya, batasan sel 7,5 sampai 11,5 akan memiliki data yang memiliki nilai 8, 9, 10, dan 11.
- d. Jumlah sel seringkali berjumlah 5 sampai 20, dimana 10 merupakan nilai pendekatan awal yang paling baik. Untuk mendapatkan lebar sel, didapatkan dengan mencari perbedaan antara nilai maksimum dan nilai minimum dan kemudian membagi perbedaan tersebut dengan jumlah sel histogram yang diinginkan. Nilai ini kemudian disesuaikan untuk menentukan lebar dari sel yang akan digunakan. Contohnya, jika nilai data yang paling besar dan paling kecil adalah 77 dan 53, dan sel yang ingin digunakan berjumlah sepuluh ($(77-53)/10 = 2,4$). Buatlah sel dengan lebar 2 atau 3.
- e. Frekuensi maupun persentase dari munculnya kejadian diskalkan pada sumbu vertikal.

Beberapa petunjuk dalam penggunaan histogram :

- a. Pastikan terdapat data yang cukup sebelum membuat bentuk dari histogram. Data yang berjumlah kurang dari 30, biasanya akan membawa kita pada gambar yang salah. Data yang berjumlah 100 biasanya akan mampu menggambarkan operasi dari proses dimana data tersebut diambil.

- b. Perhatikanlah histogram untuk mendapatkan gambaran bagaimana sebenarnya proses sedang beroperasi. Perhatikanlah : (a) nilai yang paling sering muncul (mode), (b) lebih dari satu buah puncak yang terlihat dengan jelas, (c) kesimetrisan data, (d) nilai data yang letaknya terpencil, (e) data yang terlalu banyak atau kurang dipersentasikan (puncak atau lembah yang tidak diharapkan pada histogram), dan (f) persentase data dalam batas spesifikasi.

8.5. Latar Belakang Peta Kontrol

Peta kontrol adalah alat untuk mempelajari perbedaan. Diagram tersebut memperlihatkan kepada kita variasi yang stabil (konsisten). Proses yang stabil sering disebut sebagai proses dalam kendali (*in-control process*), proses yang dapat diprediksi atau proses dengan “penyebab-penyebab umum”. Proses ini disebut sebagai bagian dari pengendalian statistikal (SOSC, *a state of statistical control*). Proses yang tidak stabil sering juga dikenal sebagai proses di luar kendali (OOC, *out-of-control*), tidak dapat diprediksi, atau proses “penyebab umum dan khusus”. Sebuah diagram pengendalian akan memberitahukan kita tentang stabil atau tidaknya sebuah proses.

8.5.1. Peta Kontrol Untuk Variabel-Variabel

Peta kontrol $\bar{X}$ dan R digunakan bersama dalam menganalisis karakteristik tunggal yang terukur. Dipilih antara 20 sampai 30 kelompok kecil yang masing-masing memiliki jumlah pengambilan berukuran n . Biasanya ukuran kelompok kecil tersebut adalah $n = 4$ atau 5, dipilih secara berurutan dari proses atau dihasilkan dengan kondisi yang semirip mungkin. Waktu pengambilan diantara kelompok kecil tersebut tergantung pada penilaian yang digunakan yang mungkin dapat dilakukan setiap satu kali per jamnya, dua kali sehari, satu kali dalam setiap giliran kerjanya, dan seterusnya. Maksudnya adalah untuk memiliki variasi antar kelompok (*within subgroup*) yang sekecil mungkin dan hanya mewakili variasi sebab umum saja. Jika ada perbedaan proses produksi, akan diperlihatkan

setiap waktu antar subgroup (*between subgroup*) dan akan menunjukkan variasi dari penyebab-penyebab khusus. Untuk masing-masing subgroup dihitung rata-rata $\bar{x}_i$ dan interval R nya.

Jika m jumlah subgroup telah diperiksa, langkah selanjutnya adalah menghitung interval R dari subgroup. Ini akan menjadi garis pusat dari peta R. Faktor-faktor yang berada diatas dan dibawah batas kontrol akan diberikan sebagai D_4 dan D_3 , yang dapat dilihat pada Tabel 8.2. Persamaan yang digunakan pada peta R yang berdasarkan pada m subgroup adalah sebagai berikut :

$$\text{Garis Pusat} = \bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (8.1)$$

$$\text{Batas Kontrol Atas} = UCL_R = D_4 = \bar{R} \quad (8.2)$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah} = LCL_R = D_3 = \bar{R} \quad (8.3)$$

Perlu dicatat bahwa untuk ukuran subgroup yang kecil, tiga kali standar deviasi akan menyebabkan interval batas kontrol negatif, suatu hal yang tidak mungkin. Karena itu, jika subgroup berjumlah 6 atau kurang, D_3 diberikan nilai nol, sehingga akan menghasilkan $LDR = 0$

Batas dari peta kontrol X bergantung pada peta $\bar{R}$, sehingga akan sangat penting untuk terlebih dahulu membuat peta R. Peta $\bar{X}$ berasumsi bahwa distribusi normal sesuai dengan teorema limit central. Selain itu, dalam peta $\bar{X}$, asumsi dengan menggunakan m subgroup, akan diberikan sebagai berikut :

$$\text{Garis Pusat} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{m} \quad (8.4)$$

$$\text{Batas Kontrol Atas} = UCL_X = \bar{X} + A_2 \bar{R} \quad (8.5)$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah} = LCL_X = \bar{X} - A_2 \bar{R} \quad (8.6)$$

Tabel 8.2.
Faktor-faktor Peta Kontrol

Subgroup Size n	LCL _R Faktor D ₃	UCL _R Faktor D ₄	CL _x Faktor A ₂	R/ σ Ratio d ₂
2	0	3.276	1-;880	1.128
3	0	2.575	1.023	1.699
4	0	2.282	0.729	0.059
5	0	2.115	0.577	2.326
6	0	2.004	0.483	2.534
7	0,076	1.924	0.419	2.704
8	0,136	1.864	0.373	2.847
9	0,184	1.816	0.337	2.970
10	0,223	1.777	0.308	3.078
11	0,156	1.744	0.285	3.173
12	0,284	1.716	0.266	3.258
13	0,308	1.692	0.249	3.336
14	0,329	1.671	0.235	3.407
15	0.348	1.652	0.223	3.472
16	0,364	1.636	0.212	3.532

Contoh kasus

Anda saat ini sedang memulai pelajaran untuk membantu salah seorang supplier anda. Insinyur kualitas anda (QE), ketika sedang berada di lokasi, vendor mengumpulkan 30 subgroup dengan n = 4 selama beberapa hari, menguji dan mencatat kekuatan dari masing-masing bahan baku. Data rata-rata, dan intervalnya diberikan pada Tabel 8.3. Garis pusat pada batas kontrolnya dihitung sebagai berikut :

$$\bar{\bar{R}} = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} = \frac{6,445}{30} = 214,83$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R} = 2.282 (214,83) = 490,24$$

$$LCL_R = D_3 \bar{R} = 0,0$$

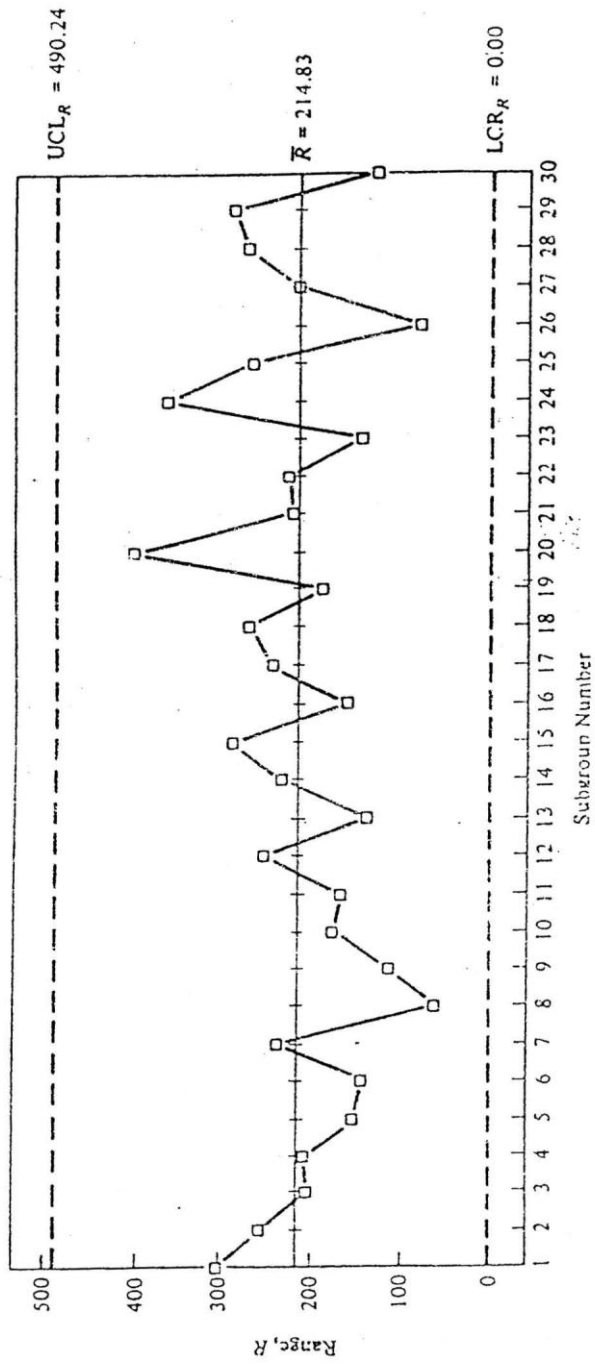
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^m X_i}{m} = 1,084,67$$

$$UCL_x = \bar{X} + A_2 \bar{R} = 1.084,67 + 0,729 (214,83) = 1.241,28$$

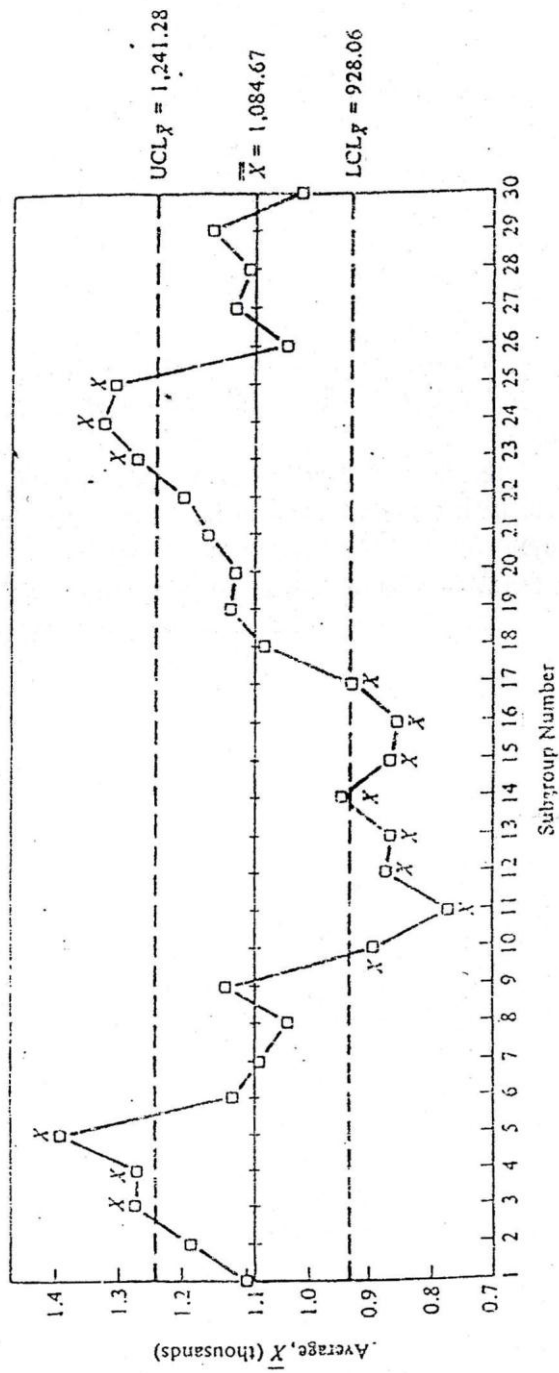
$$LCL_x = \bar{X} - A_2 \bar{R} = 1.084,67 - 0,729 (214,83) = 928,06$$

Tabel 8.3
Data Uji Kekuatan Bahan Baku

Subgroup	Data Sampel				Rata-rata Subgroup X	Rata-rata Subgroup R
	X1	X2	X3	X4		
1	908	1.095	1.159	1.215	1.094,25	307
2	1.337	1.080	1.086	1.242	1.186,25	257
3	1.212	1326	1.175	1.380	1.273,25	205
4	1.286	1.278	1.151	1359	1.268,50	208
5	1.401	1.313	1,384	1.466	1.391,00	153
6	1.114	1.096	1.060	1.204	1.118,50	144
7	1.119	974	1.007	1.212	1.078,00	238
8	1.001	1.030	1.063	1.037	1.032,75	62
9	1.152	1.161	1.159	1.046	1.129,50	115
10	1.000	882	870	823	893,75	177
11	835	667	787	803	773,00	168
12	707	904	961	918	872,50	254
13	959	809	842	859	864,75	140
14	828	1.061	918	964	942,75	233
15	1.043	753	813	861	867,50	290
16	784.	847	856	945	858,00	161
17	1.086	925	855	840	926,50	246
18	1.117	1.201	1.034	929	1.070,25	272
19	1.115	1.114	1.038	1.227	1.123,50	189
20	1.140	928	1.332	1.061	1.115,25	404
21	1.229	1.127	1.030	1.253	1.159,75	223
22	1.314	1.242	1.087	1.140	1.195,75	227
23	1.305	1.219	1.353	1207	1.271,00	146
24	1.181	1.326	1.245	1.548	1.325,00	367
25	1.312	1.285	1.444	1.176	1.304,25	268
26	993	1.052	1.018	1.074	1.034,25	81
27	1.296	980	1.161	1.161	1.113,25	26
28	948	1.139	1.062	1.062	1.092,75	274
29	993	1.283	1.105	1.105	1.153,00	1909
30	1.050	928	1.058	1.058	1.011,25	130
					32.540,00	1.445,00



Gambar 8.6. Peta R untuk Data Pengujian Kekuatan

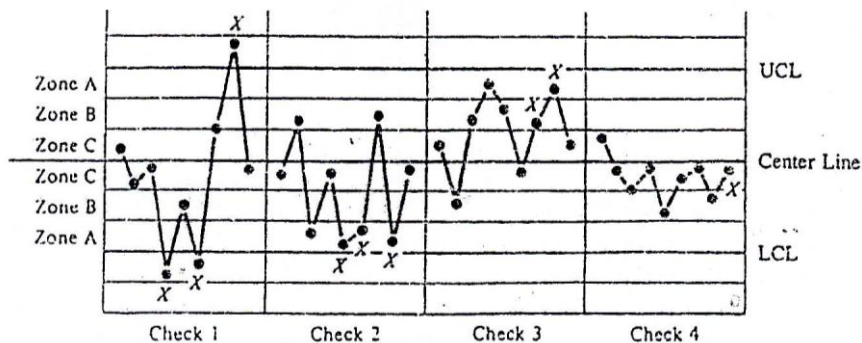


Gambar 8.7. Peta X untuk Data Pengujian Kekuatan

8.5.2. Uji Sensitivitas Pada Peta Kontrol

Jika digunakan sendiri, Peta Kontrol Shewart seringkali tidak sensitif untuk kelompok proses yang relatif kecil. Skema yang terdiri dari 4 pengujian, membuat peta kontrol (X, R, p, dan lain-lain) akan jauh lebih sensitif untuk kondisi OOC. Langkah-langkah dari skema tersebut akan diberikan dibawah ini dan diilustrasikan pada Gambar 8.8.

- Bagi area pada kedua sisi dari garis tengah peta kontrol menjadi 3 daerah yang sama, A, B, dan C.
- Uji 1-jika 1 titik terletak diluar dari 3 kali jumlah batas kontrol (diluar zone A), ditandai titik tersebut dengan tanda X dibawah atau diatas titik tersebut jauh dari garis pusat.
- Uji 2 - Jika 2 atau 3 titik terletak dalam zone A dalam posisi yang sama, tandai titik kedua dari kedua titik tersebut dengan tanda X. Titik lainnya mungkin terletak di mana saja.
- Uji 3 - Jika 4 atau 5 titik berada di dalam/diluar zone B dalam sisi yang sama, tandai titik ke-8 dengan tanda X. Uji ini dilakukan pada peta R dan X pada Gambar 8.6 dan 8.7.



Gambar 8.8. Check Sensivitas Peta Kontrol

8.6. Analisa Kemampuas Proses

Standar deviasi dari rata-ratanya. Dengan demikian variabilitas umum dari proses adalah sebesar $\bar{x} \pm 3\sigma$. Kita dapat mengestimasi bahwa standar deviasi untuk proses dalam kontrol adalah :

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{208,71}{2,059} = 101,36$$

$$\bar{x} \pm 3\sigma = 1,22845 \pm (101,36) = 924,37 ; 1,53253$$

Karena hanya spesifikasi bawah yang dapat dipergunakan, maka QE tidak dapat membandingkan 6σ untuk $U = L$, tapi ia dapat melihat bahwa data berdistribusi normal, hitung nilai $z = (1000 - 1,22845) / (101,36) = -2,25$, dan dengan menggunakan tabel normal dari appendix b, dapat dilihat bahwa pecahan ketidaksesuaian berada dibawah kekuatan 1000 adalah 1,22%.

8.6.1 Peta Kontrol Atribut

a. Peta Kontrol p

Peta merupakan peta atribut data yang berdasarkan pada pecahan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Subgroup dari n item dipilih dari proses dan masing-masing diinspeksi untuk dilihat ketidaksesuaiannya dengan berbagai karakteristik. Setiap item yang ditemukan memilild satu atau lebih ketidaksesuaian dihitung sebagai item cacat. Jumlah item yang tidak sesuai (x) dibagi dengan jumlah sampel (n) merupakan konstanta ketidaksesuaian.

Peta p, seperti peta x dan R, sangat terkenal di lingkungan industri. Peta ini hanya membutuhkan data atribut, sehingga tidak perlu dilakukan pengukuran, inspeksi visual, dan data-data sejenis lainnya. Peta p akan sangat menarik karena dapat mengkombinasikan beberapa karakteristik dalam sebuah peta, tidak seperti peta x dan R. Sayangnya, biasanya ukuran subgroup seringkali berada pada interval 50-300 item.

Biasanya $m = 20$ atau 30 subgroup dengan jumlah pengambilan n diambil dari proses, jika ada perbedaan proses produksi ditunjukkan antar subgroup. Untuk masing-masing subgroup i , hitung nilai statistik $p_i = x_i/n_i$

Kita dapat mengatakan bahwa jumlah dari item yang tidak sesuai dalam sampel dengan ukuran n dari proses yang tidak terbatas digambarkan dimana $q = 1-p$ dan p merupakan konstanta proses yang cacat. Pengukuran yang sesuai untuk masing-masing subgroup adalah x/n atau konstanta ketidaksesuaian subgroup yang memiliki mean $\mu = p$ dan variansi $\sigma^2 = pq/n$. Dalam hal ini, 3σ batas kontrol dihitung dari subgroup dengan menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\text{Garis Pusat} = \bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (8.7)$$

$$\text{Batas Kontrol Atas} = UCL_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{pq}{n_i}} \quad (8.8)$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah} = LCL_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{pq}{n_i}} \quad (8.9)$$

Garis pusat dan batas kontrol digambarkan pada, kertas grafik, dan nilai p_i digambarkan sesuai dengan urutan kronologisnya. Keempat uji sensitivitas yang telah diberikan sebelumnya dapat diaplikasikan.

QE anda saat ini sedang berkeinginan untuk menggunakan SPC untuk mendiagnose proses. Diputuskan untuk menggunakan peta p untuk lini produksi *good gadgets*. Data pada Tabel 8.4 dikumpulkan selama tiga minggu.

$$\bar{p} = \frac{263}{2,885} = 0,0912$$

$$\begin{aligned} UCL_p &= 0,0912 + 3 \sqrt{\frac{0,0912 (0,9088)}{n_i}} \\ &= 0,2025 \text{ at } n = 100 \\ &= 0,2026 \text{ at } n = 60 \\ &= 0,2639 \text{ at } n = 25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCL_p &= 0,0912 - 3 \sqrt{\frac{0,0912 (0,9088)}{n_i}} \\ &= 0,00048 \text{ at } n = 100 \\ &= 0,0 \text{ at } n = 60 \\ &= 0,0 \text{ at } n = 25 \end{aligned}$$

Tabel 8.4.
Data Sampel dari Lini Produk Good Gadgets

Nomor Subgroup	Ukuran Subgroup	Jumlah Ketidaksesuaian	Pecahan Ketidaksesuaian
1	100	9	0,09
2	100	4	0,04
3	100	6	0,06
4	100	11	0,11
5	100	13	0,13
6	60	12	0,20
7	100	0	0,00
8	100	8	0,08
9	100	15	0,15
10	100	12	0,12
11	100	8	0,08
12	100	6	0,06
13	100	18	0,18
14	100	9	0,09
15	100	7	0,07
16	100	11	0,11
17	100	8	0,08
Is	100	8	0,08
19	25	9	0,36
20	100	10	0,10
21	100	7	0,07
22	100	3	0,03
23	100	12	0,12
24	100	4	0,04
25	100	6	0,06
26	100	7	0,07
27	100	10	0,10
28	100	4	0,04
29	100	11	0,11
30	100	15	0,15
	2.885	263	

Peta Kontrol c

$$\text{Garis Pusat} = \bar{c} = \frac{\sum_{i=1}^m x_i}{\sum_{i=1}^m n_i} \quad (8.7)$$

$$\text{Batas Kontrol Atas} = \text{UCL}_p = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{pq}{n_i}} \quad (8.8)$$

$$\text{Batas Kontrol Bawah} = \text{LCL}_p = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{pq}{n_i}} \quad (8.9)$$

DAFTAR PUSTAKA

1. DR.Ir.Vincent Gaspers, M.Sc., ***Analisis Sistem Terapan Berdasarkan Pendekatan Teknik Industri***. Penerbit “Tarsito” Bandung.
2. Wayne C.Tumer Cs., Alih Bahasa Ir.Yanti Gunawan, M.Eng.Sc.cs. Editor I.K.Gunarta, ***Pengantar Teknik & Sistem Industri***, Penerbit Guna Widya, Surabaya, Indonesia.