

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kertas

Kertas dalam bahasa Inggris disebut paper dan dalam bahasa Belanda disebut papier. Kertas adalah barang baru ciptaan manusia berwujud lembaran-lembaran tipis yang dapat dirobek, digulung, dilipat, direkat, dicoret mempunyai sifat yang berbeda dari bahan bakunya : tumbuh-tumbuhan. Kertas dibuat untuk memenuhi kebutuhan hidup yang sangat beragam.

Kertas dikenal sebagai media utama untuk menulis, mencetak serta melukis dan banyak kegunaan lain yang dapat dilakukan dengan kertas misalnya kertas pembersih (*tissue*) yang digunakan untuk hidangan, kebersihan ataupun toilet. Adanya kertas merupakan revolusi baru dalam dunia tulis menulis yang menyumbangkan arti besar dalam peradaban dunia. Sebelum ditemukan kertas, bangsa-bangsa dahulu menggunakan tablet dari tanah lempung yang dibakar. Hal ini bisa dijumpai dari peradaban bangsa Sumeria, Prasasti dari batu, kayu, bambu, kulit atau tulang binatang, sutra, bahkan daun lontar yang dirangkai seperti dijumpai pada naskah naskah Nusantara beberapa abad lampau.

2.2 HVS Ninja

Yaitu produk kertas yang diproduksi PT. Adiprima Suraprinta dengan bahan baku kertas SWL A lokal ditambah pulp dan kecerahan kertas tinggi sehingga kertasnya berwarna putih dan kuat. HVS ninja ini bergramatur 50, 58, 60, 70, 80, 100 gsm dan diproduksi sesuai orderan yang diterima.

2.2.1 Keunggulan HVS ninja

Adapun keunggulan dari produk HVS ninja ini yaitu:

- a) Kertas bersih dan putih
- b) Tingkat kekuatan kertas tinggi dan tidak mudah sobek
- c) Kertas mudah menyerap tinta
- d) Tingkat kecerahan kertas berkategori baik
- e) Ketebalan kertas cocok untuk digunakan untuk percetakan surat kabar maupun laporan perkantoran

2.2.2 Kekurangan HVS ninja

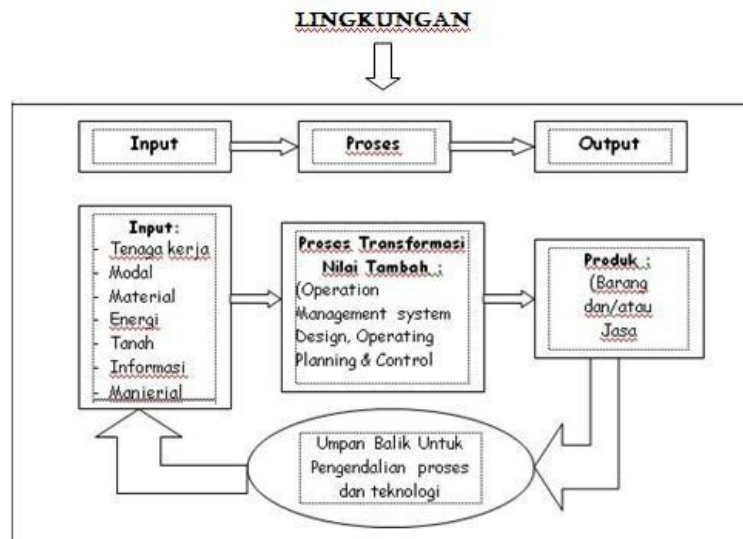
Adapun kekurangan dari produk HVS ninja ini yaitu:

- a) Tingkat kerapatan serat kertas masih kalah dibanding kertas HVS yang ada dipasaran.
- b) Tingkat Kecerahan kertas masih kalah dibanding kertas HVS yang ada dipasaran.
- c) Kertas mudah basah.

2.3 Sistem Produksi

Sistem produksi adalah suatu rangkaian dari beberapa elemen yang saling berhubungan dan saling menunjang antara satu dengan yang lain untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Dengan demikian yang dimaksud dengan sistem produksi adalah merupakan suatu gabungan dari beberapa unit atau elemen yang saling berhubungan dan saling menunjang untuk melaksanakan proses produksi dalam suatu perusahaan tertentu. Beberapa elemen tersebut antara lain adalah produk perusahaan, lokasi pabrik, letak dari fasilitas produksi, lingkungan kerja dari para

karyawan serta standart produksi yang dipergunakan dalam perusahaan tersebut. Dalam sistem produksi modern terjadi suatu proses transformasi nilai tambah yang mengubah input menjadi output yang dapat dijual dengan harga kompetitif dipasar. (Ahyani, 2012: 8).



Gambar 2.2 Bagan Sistem Produksi

Secara bagan skematis sederhana, sistem produksi dapat digambarkan seperti dalam Gambar 2.1 tampak bahwa elemen-elemen utama dalam sistem produksi adalah *input*, *proses* dan *output*, serta adanya suatu mekanisme umpan balik untuk pengendalian sistem produksi itu agar mampu meningkatkan perbaikan terus-menerus (*continuous improvement*).

Sistem produksi merupakan kesimpulan dari subsistem-subsistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi input produksi menjadi output produksi. Input produksi ini dapat berupa bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal, dan informasi. Sedangkan output produksi merupakan produk yang dihasilkan. Berikut hasil sampingannya seperti limbah, informasi, dan sebagainya (Nasution, 2012).

Sistem produksi bertujuan untuk merencanakan dan mengendalikan produksi agar lebih efektif, produktif dan optimal. *Production Planning and Control* merupakan aktivitas dalam *system* produksi.

2.3.1 Ruang Lingkup Sistem Produksi

Ruang lingkup Sistem Produksi Dalam dunia industri manufaktur apapun akan memiliki fungsi yang sama. Fungsi atau aktifitas-aktifitas yang ditangani oleh departement produksi secara umum adalah sebagai berikut :

1. Mengelolah pesanan (*order*) dari pelanggan. Para pelanggan memasukkan pesanan-pesanan untuk berbagai produk. Pesanan-pesanan ini dimasukkan dalam jadwal produksi utama, ini bila jenis produksinya *made to order*.
2. Meramalkan permintaan. Perusahaan biasanya berusaha memproduksi secara lebih independent terhadap fluktuasi permintaan. Permintaan ini perlu diramalkan agar skenario produksi dapat mengantisipasi fluktuasi permintaan tersebut. Permintaan ini harus dilakukan bila tipe produksinya adalah *made to stock*.
3. Mengelolah persediaan. Tindakan pengelolaan persediaan berupa melakukan transaksi persediaan, membuat kebijakan persediaan pengamatan, kebijakan kuantitas pesanan/ produksi, kebijakan frekuensi dan periode pemesanan, dan mengukur performansi keuangan kebijakan yang dibuat.
4. Menyusun rencana agregat (penyesuaian permintaan dengan kapasitas). Pesanan pelanggan dan atau ramalan permintaan harus dikompromikan dengan sumber daya perusahaan (fasilitas, mesin, tenaga kerja, keuangan dan lain- lain). Rencana agregat bertujuan untuk membuat skenario pembebanan kerja untuk mesin dan tenaga kerja (reguler, lembur, dan subkontrak) secara optimal untuk keseluruhan produk dan sumber daya secara terpadu (tidak per produk).

5. Membuat jadwal induk produksi (JIP). JIP adalah suatu rencana terperinci mengenai apa dan berapa unit yang harus diproduksi pada suatu periode tertentu untuk setiap item produksi. JIP dibuat dengan cara (salah satunya) memecah (*disagregat*) ke dalam rencana produksi (apa, kapan, dan berapa) yang akan direalisasikan. JIP ini akan diperiksa tiap periodik atau bila ada kasus. JIP ini dapat berubah bila ada hal yang harus diakomodasikan.
6. Merencanakan Kebutuhan. JIP yang telah berisi apa dan berapa yang harus dibuat selanjutnya harus diterjemahkan ke dalam kebutuhan komponen, sub assembly, dan bahan penunjang untuk menyelesaikan produk. Perencanaan kebutuhan material bertujuan untuk menentukan apa, berapa, dan kapan komponen, subassembly dan bahan penunjang harus dipersiapkan. Untuk membuat perencanaan kebutuhan diperlukan informasi lain berupa struktur produk (*bill of material*) dan catatan persediaan. Bila hal ini belum ada, maka tugas departement PPC untuk membuatnya.
7. Melakukan penjadwalan pada mesin atau fasilitas produksi. Penjadwalan ini meliputi urutan pengerjaan, waktu penyelesaian pesanan, kebutuhan waktu penyelesaian, prioritas pengerjaan dan lain-lainnya.
8. Monitoring dan pelaporan pembebanan kerja dibanding kapasitas produksi. Kemajuan tahap demi tahap simonitor untuk dianalisis. Apakah pelaksanaan sesuai dengan rencanan yang dibuat.
9. Evaluasi skenario pembebanan dan kapasitas. Bila realisasi tidak sesuai rencana agregat, JIP, dan Penjadwalan maka dapat diubah/ disesuaikan kebutuhan. Untuk jangka panjang, evaluasi ini dapat digunakan untuk mengubah (menambah) kapasitas produksi.

Fungsi tersebut dalam praktik tidak semua perusahaan akan melaksanakannya. Ada tidaknya suatu fungsi ini dipusahaan, juga ditentukan oleh teknik/ metode perencanaan dan pengendalian produksi (sistem produksi) yang digunakan perusahaan (Purnomo; 2011).

Perencanaan sistem	Sistem pengendalian	Sistem informasi
• Perencanaan	• Pengendalian proses	• Struktur
• Perencanaan lokasi	• Pengendalian bahan	• Produksi atas
• Perencanaan letak	• Pengendalian tenaga	• Produksi untuk
• Perencanaan	• Pengendalian biaya	
• Perencanaan standar	• Pengendalian kualitas	

Gambar 2. 2 Ruang Lingkup Proses Produksi

2.3.2 Macam-macam Proses Produksi

Macam-macam proses produksi ada berbagai macam bila ditinjau dari berbagai segi. Proses produksi dilihat dari wujudnya terbagi menjadi proses kimiawi, proses perubahan bentuk, proses *assembling*, proses transportasi dan proses penciptaan jasa-jasa administrasi (Ahyari, 2012).

Proses produksi dilihat dari arus atau *flow* bahan mentah sampai menjadi produk akhir, terbagi menjadi dua yaitu proses produksi terus-menerus (*Continuous processes*) dan proses produksi terputus-putus (*Intermettent processes*). Perusahaan menggunakan proses produksi terus-menerus apabila di dalam perusahaan terdapat urutan-urutan yang pasti sejak dari bahan mentah sampai proses produksi akhir. Proses produksi terputus-putus apabila tidak terdapat urutan atau pola yang pasti dari bahan baku sampai dengan menjadi produk akhir atau urutan selalu berubah (Ahyari, 2012).

Penentuan tipe produksi didasarkan pada faktor-faktor seperti:

- 1) Volume atau jumlah produk yang akan dihasilkan.
- 2) Kualitas produk yang diisyaratkan.
- 3) Peralatan yang tersedia untuk melaksanakan proses.

Berdasarkan pertimbangan cermat mengenai faktor-faktor tersebut ditetapkan tipe proses produksi yang paling cocok untuk setiap situasi produksi. Macam tipe proses produksi dari berbagai industri dapat dibedakan sebagai berikut (Yamit, 2013).

2.3.2.1 Proses Produksi Terus-Menerus (*Continuous Processes*)

Proses produksi terus-menerus adalah proses produksi barang atas dasar aliran produk dari satu operasi ke operasi berikutnya tanpa penumpukan disuatu titik dalam proses. Pada umumnya industri yang cocok dengan tipe ini adalah yang memiliki karakteristik yaitu output direncanakan dalam jumlah besar, variasi atau jenis produk yang dihasilkan rendah dan produk bersifat standart. Ciri-ciri proses produksi terus menerus adalah:

1. Produksi dalam jumlah besar (produksi massal), variasi produk sangat kecil dan sudah distandarisasi.
2. Menggunakan *product layout* atau *departmentation by product*.
3. Mesin bersifat khusus (*special purpose machines*).
4. Operator tidak mempunyai keahlian/skill yang tinggi.
5. Salah satu mesin /peralatan rusak atau terhenti, seluruh proses produksi terhenti.
6. Tenaga kerja sedikit.
7. Persediaan bahan mentah dan bahan dalam proses kecil.

8. Dibutuhkan *maintenance specialist* yang berpengetahuan dan pengalaman yang banyak.
9. Pemindahan bahan dengan peralatan *handling* yang *fixed (fixed path equipment)* menggunakan ban berjalan.

Kelebihan proses produksi terus-menerus adalah :

- a. Biaya per unit rendah bila produk dalam volume yang besar dan distandarisasi.
- b. Pemborosan dapat diperkecil, karena menggunakan tenaga mesin.
- c. Biaya tenaga kerja rendah.
- d. Biaya pemindahan bahan di pabrik rendah karena jaraknya lebih pendek.

Sedangkan kekurangan proses produksi terus-menerus adalah :

- a. Terdapat kesulitan dalam perubahan produk.
- b. Proses produksi mudah terhenti, yang menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi
- c. Terdapat kesulitan menghadapi perubahan tingkat permintaan.

2.3.2.2 Proses Produksi Terputus-Putus (Intermittent Processes)

Produk diproses dalam kumpulan produk bukan atas dasar aliran terus-menerus dalam proses produk ini. Perusahaan yang menggunakan tipe ini biasanya terdapat sekumpulan atau lebih komponen yang akan diproses atau menunggu untuk diproses, sehingga lebih banyak memerlukan persediaan barang dalam proses. Ciri-ciri proses produksi yang terputus-putus adalah:

1. Produk yang dihasilkan dalam jumlah kecil, variasi sangat besar dan berdasarkan pesanan.
2. Menggunakan *process layout (departmentation by equipment)*.

3. Menggunakan mesin-mesin bersifat umum (*general purpose machines*) dan kurang otomatis.
4. Operator mempunyai keahlian yang tinggi.
5. Proses produksi tidak mudah berhenti walaupun terjadi kerusakan di salah satu mesin.
6. Menimbulkan pengawasan yang lebih sukar.
7. Persediaan bahan mentah tinggi
8. Pemindahan bahan dengan peralatan *handling* yang *flexible* (*varied path equipment*) menggunakan tenaga manusia seperti kereta dorong (*forklift*).
9. Membutuhkan tempat yang besar .

Kelebihan proses produksi terputus-putus adalah :

- a. Fleksibilitas yang tinggi dalam menghadapi perubahan produk yang berhubungan dengan proses layout.
- b. Diperoleh penghematan uang dalam investasi mesin yang bersifat umum.
- c. Proses produksi tidak mudah terhenti, walaupun ada kerusakan di salah satu mesin.
- d. Sistem pemindahan menggunakan tenaga manusia.

Sedangkan kekurangan proses produksi terputus-putus adalah :

- a. Dibutuhkan *scheduling, routing* yang banyak karena produk berbeda tergantung pemesan.
- b. Pengawasan produksi sangat sukar dilakukan.
- c. Persediaan bahan mentah dan bahan dalam proses cukup besar.

- d. Biaya tenaga kerja dan pemindahan bahan sangat tinggi, karena menggunakan tenaga kerja yang banyak dan mempunyai tenaga ahli .

2.3.2.3 Proses Produksi Campuran (*Repetitive Process*)

Dalam proses produksi campuran atau berulang, produk dihasilkan dalam jumlah yang banyak dan proses biasanya berlangsung secara berulang-ulang dan serupa. Untuk industri semacam ini, proses produksi dapat dihentikan sewaktu-waktu tanpa menimbulkan banyak kerugian seperti halnya yang terjadi pada *continuous process*. Industri yang menggunakan proses ini biasanya mengatur tata letak fasilitas produksinya berdasarkan aliran produk. (Sritomo Wignjosoebroto, 2011 : 5). Ciri-ciri proses produksi yang berulang-ulang adalah :

1. Biasanya produk yang dihasilkan berupa produk standar dengan pilahan – pilahan yang berasal dari modul-modul, dimana modul-modul tersebut akan menjadi modul bagi produk lainnya.
2. Memerlukan sedikit tempat penyimpanan dengan ukuran *medium* atau lebar untuk lintasan perpindahan materialnya dibandingkan dengan proses terputus, tetapi masih lebih banyak bila dibandingkan dengan proses *continuous*.
3. Mesin dan peralatan yang dipakai dalam proses produksi seperti ini adalah mesin dan peralatan tetap bersifat khusus untuk masing-masing lintasan perakitan yang tertentu.
4. Oleh karena mesin-mesinnya bersifat tetap dan khusus, maka pengaruh individual operator terhadap produk yang dihasilkan cukup besar, sehingga operatornya perlu mempunyai keahlian atau keterampilan yang baik dalam pengerjaan produk tersebut.

5. Proses produksi agak sedikit terganggu (terhenti) bila terjadi kerusakan atau terhentinya salah satu mesin atau peralatan.
6. Operasi – operasi yang berulang akan mengurangi kebutuhan pelatihan dan perubahan instruksi–instruksi kerja.
7. Sistem persediaan ataupun pembeliannya bersifat tepat waktu (*just in time*).
8. Biasanya bahan–bahan dipindahkan dengan peralatan handling yang bersifat tetap dan otomatis seperti *conveyor*, mesin – mesin transfer dan sebagainya.

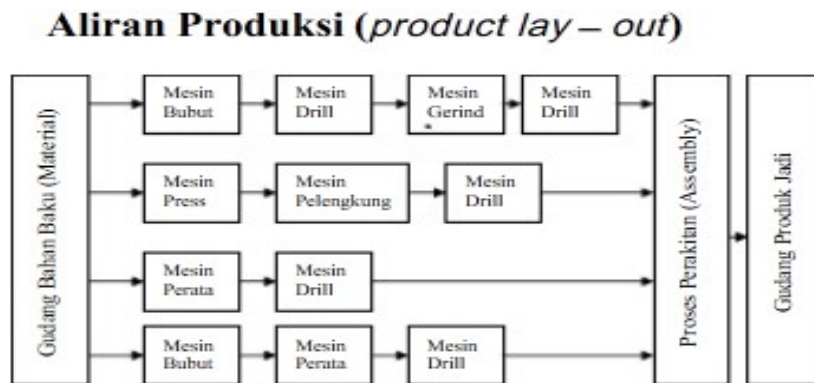
2.4 Tata Letak Fasilitas Produksi

Tata letak adalah suatu landasan utama dalam dunia industri. Terdapat berbagai macam pengertian atau definisi mengenai tata letak pabrik. Wignjosoebroto (2009) mengatakan bahwa: “tata letak pabrik dapat di definisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi”. Adapun kegunaan dari pengaturan tata letak pabrik menurut Wignjosoebroto (2009) adalah: “memanfaatkan luas area (*space*) untuk penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya, kelancaran gerakan perpindahan material, penyimpanan material (*storage*) baik yang bersifat temporer maupun permanen, personal pekerja dan sebagainya”. Wignjosoebroto (2009) menambahkan: “dalam tata letak pabrik ada dua hal yang diatur letaknya, yaitu pengaturan mesin (*machine layout*) dan pengaturan departemen (*department layout*) yang ada dari pabrik”.

Pemilihan dan penempatan alternatif *layout* merupakan langkah dalam proses pembuatan fasilitas produksi di dalam perusahaan, karena *layout* yang dipilih akan menentukan hubungan fisik dari aktivitas–aktivitas produksi yang

berlangsung. Disini ada empat macam atau tipe tata letak yang secara klasik umum diaplikasikan dalam *desain layout* yaitu :

1. Tata letak fasilitas berdasarkan aliran proses produksi (*production line product* atau *product layout*)

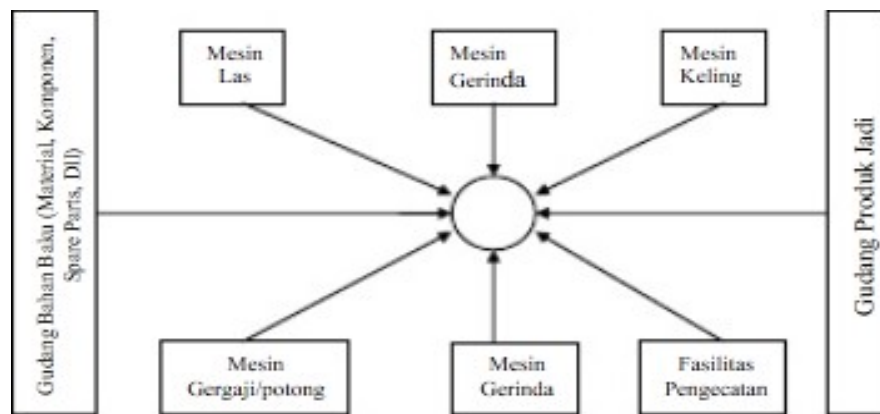


Gambar 2.3 *Product Layout*
Sumber: Wignjosoebroto, 2009

Dari diagram yang ada diatas dapatlah tata letak berdasarkan produk yang dibuat (*product lay-out*) atau di sebut pula dengan (*flow line*) didefinisikan sebagai metode pengaturan dan penempatan semua fasilitas produksi yang diperlukan kedalam satu *departement* secara khusus. Fasilitas produksi yaitu mesin-mesin produksi dan perangkat penunjang disusun secara berantai mengikuti urutan proses operasi pembuatan produk. *Layout* ini pada umumnya digunakan pada proses *assembly (assembly-line production)*. Keuntungan yang bisa diperoleh untuk pengaturan berdasarkan aliran produksi adalah:

- a. Aliran pemindahan *material* berlangsung lancar, sederhana, logis dan biaya *material handling* rendah karena aktivitas pemindahan bahan menurut jarak terpendek.
- b. Proses operasi produksi dilantai pabrik relatif mudah dilakukan oleh *supervisor*.

- c. Total waktu yang dipergunakan untuk produksi relatif singkat.
 - d. *Work in proses* jarang terjadi karena lintasan produksi sudah diseimbangkan.
 - e. Adanya *insentif* bagi kelompok karyawan akan dapat memberikan motivasi guna meningkatkan produktivitas kerjanya.
 - f. Tiap *unit* produksi atau stasiun kerja memerlukan luas areal yang *minimal*.
 - g. Pengendalian proses produksi mudah dilaksanakan.
 - h. *Layout* ini memiliki aliran bahan dengan pola lurus (*straight line flow*) ataupun pola U (*Uturn flow*) sehingga sistem pemindahan bahan *relative* efisien.
2. Tata letak fasilitas berdasarkan lokasi material tetap (*fixed material location layout* atau *position layout*)

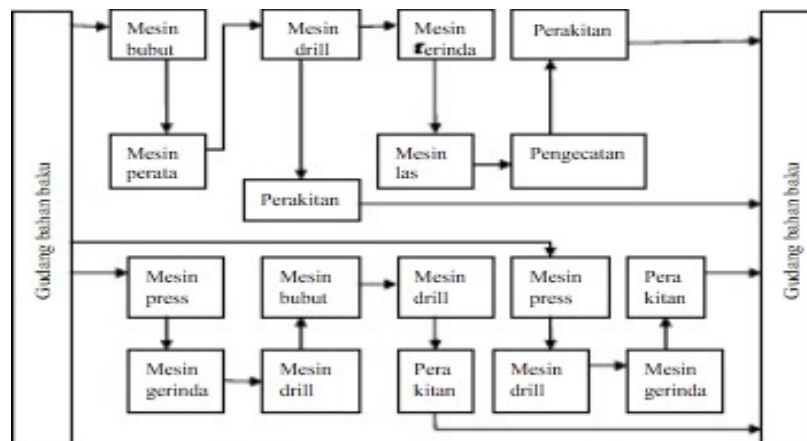


Gambar 2.4 Lokasi Material
 Sumber: Wignjosoebroto, 2009

Untuk tata letak pabrik yang berdasarkan proses tetap, material atau komponen produk yang utama akan tinggal tetap pada posisi atau lokasinya sedangkan fasilitas produksi seperti *tools*, mesin, manusia serta komponen-komponen kecil lainnya akan bergerak menuju lokasi *material* atau komponen

produk utama tersebut. Keuntungan yang bisa diperoleh dari tata letak berdasarkan lokasi *material* tetap ini adalah:

- a. Karena yang bergerak pindah adalah fasilitas–fasilitas produksi, maka perpindahan *material* bisa dikurangi.
 - b. Bilamana pendekatan kelompok kerja digunakan dalam kegiatan produksi, maka *continuitas* operasi dan tanggung jawab kerja bisa tercapai tercapai dengan sebaik–baiknya.
 - c. Kesempatan untuk melakukan pengkayaan kerja (*job enrichment*) dengan mudah bisa diberikan.
 - d. *Fleksibilitas* kerja sangat tinggi, karena fasilitas–fasilitas produksi dapat diakomodasikan untuk mengantisipasi perubahan–perubahan dalam rancangan produk, berbagai macam *variasi* produk yang harus dibuat (*product mix*) atau *volume* produksi.
3. Tata letak fasilitas berdasarkan kelompok produk (*product famili, product layout* atau *group technology layout*)



Gambar 2.5 Group Technology Layout

Sumber: Wignjosoebroto, 2009

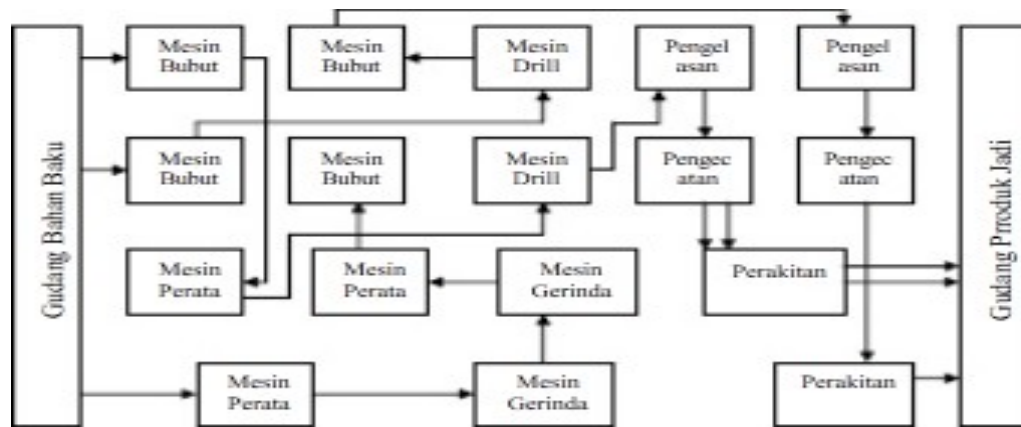
Tata letak tipe ini didasarkan pada pengelompokkan produk atau komponen yang akan dibuat. Produk–produk yang tidak identik dikelompok–kelompok berdasarkan langkah–langkah pemrosesan, bentuk, mesin atau peralatan yang dipakai dan sebagainya. Disini pengelompokkan tidak didasarkan pada kesamaan jenis produk akhir seperti halnya pada tipe produk *layout*. Keuntungan yang diperoleh dari tata letak tipe ini adalah :

- a. Dengan adanya pengelompokkan produk sesuai dengan proses pembuatannya maka akan dapat diperoleh pendayagunaan mesin yang *maximal*.
- b. Lintasan aliran kerja menjadi lebih lancar dan jarak perpindahan *material* diharapkan lebih pendek bila dibandingkan tata letak berdasarkan fungsi atau macam proses (*process layout*).
- c. Berdasarkan pengaturan tata letak fasilitas produksi selama ini, maka suasana kerja kelompok akan bisa dibuat sehingga keuntungan–keuntungan dari aplikasi *job enlargement* juga akan diperoleh.
- d. Memiliki keuntungan yang bisa diperoleh dari *productlayout*.
- e. Umumnya cenderung menggunakan mesin–mesin *general purpose* sehingga mestinya juga akan lebih rendah.

Kerugian dari tipe ini adalah :

- a. Diperlukan tenaga kerja dengan keterampilan tinggi untuk mengoperasikan semua fasilitas produksi yang ada.
- b. Kelancaran kerja sangat tergantung pada kegiatan pengendalian produksi khususnya dalam hal menjaga keseimbangan aliran kerja yang bergerak melalui *individu–individusel* yang ada.

- c. Bilamana keseimbangan aliran setiap sel yang ada sulit dicapai, maka diperlukan adanya *buffers* dan *work in process storage*.
 - d. Beberapa kerugian dari *product* dan *process layout* juga akan dijumpai disini.
 - e. Kesempatan untuk bisa mengaplikasikan fasilitas produksi tipe *special purpose* sulit dilakukan.
4. Tata letak fasilitas berdasarkan fungsi atau macam proses (*functional* atau *process layout*)



Gambar 2.6 *Process Layout*
 Sumber: Wignjosoebroto, 2009

Tata letak berdasarkan macam proses ini sering dikenal dengan *process* atau *functional layout* yang merupakan *metode* pengaturan dan penempatan dari segala mesin serta peralatan produksi yang memiliki tipe atau jenis sama kedalam satu *departement*. Keuntungan yang bisa diperoleh dari tata letak tipe ini adalah :

- a. Total *investasi* yang rendah untuk pembelian mesin atau peralatan produksi lainnya.
- b. *Fleksibilitas* tenaga kerja dan fasilitas produksi besar dan sanggup mengerjakan berbagai macam jenis dan model produk.

- c. Kemungkinan adanya aktivitas *supervisi* yang lebih baik dan efisien melalui *spesialisasi* pekerjaan.
- d. Pengendalian dan pengawasan akan lebih mudah dan baik terutama untuk pekerjaan yang sukar dan membutuhkan ketelitian tinggi.
- e. Mudah untuk mengatasi *breakdown* daripada mesin yaitu dengan cara memindahkannya ke mesin yang lain tanpa banyak menimbulkan hambatan-hambatan signifikan.

Sedangkan kerugian dari tipe ini adalah :

- a. Karena pengaturan tata letak mesin tergantung pada macam proses atau fungsi kerjanya dan tidak tergantung pada urutan proses produksi, maka hal ini menyebabkan aktivitas pemindahan *material*.
- b. Adanya kesulitan dalam hal menyeimbangkan kerja dari setiap fasilitas produksi yang ada akan memerlukan penambahan *space area* untuk *work in process storage*.
- c. Pemakaian mesin atau fasilitas produksi tipe *general purpose* akan menyebabkan banyaknya macam produk yang harus dibuat menyebabkan proses dan pengendalian produksi menjadi kompleks.
- d. *Tipe process layout* biasanya diaplikasikan untuk kegiatan *job order* yang mana banyaknya macam produk yang harus dibuat menyebabkan proses dan pengendalian produksi menjadi lebih kompleks.

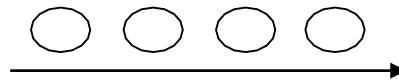
2.5 Pola Aliran Bahan Untuk Proses Produksi

Pola aliran bahan pada umumnya akan dapat dibedakan dalam dua *type* yaitu pola aliran bahan untuk proses produksi dan pola aliran bahan yang diperlukan untuk proses perakitan, untuk jelasnya dibedakan menjadi 5, antara lain :

1. *Straight Line*

Pola aliran berdasarkan garis lurus dipakai bilamana proses berlangsung singkat, *relative* sederhana dan umumnya terdiri dari beberapa komponen atau beberapa macam *production equipment*. Beberapa keuntungan memakai pola aliran berdasarkan garis lurus antara lain :

- a. Jarak terpendek antara 2 titik
- b. Proses berlangsung sepanjang garis lurus yaitu dari mesin nomor satu sampai dengan nomor terakhir
- c. Jarak perpindahan bahan secara total kecil

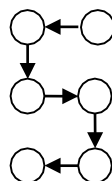


Gambar 2.7 Pola Aliran Bahan *Straight Line*

Sumber: Wignjosoebroto, 2009

2. *Zig-Zag (S-Shape)*

Pola aliran berdasarkan garis-garis patah ini sangat baik ditetapkan bilamana aliran proses produksi menjadi lebih panjang dibanding dengan luas area yang ada. Untuk itu aliran bahan akan dibelokkan untuk menambah panjangnya garis aliran yang ada secara ekonomis, hal ini akan dapat mengatasi segala keterbatasan dari area, bentuk serta ukuran pabrik yang ada.

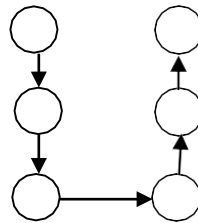


Gambar 2.8 Pola Aliran Bahan *Zig-Zag (S-Shape)*

Sumber: Wignjosoebroto, 2009

3. *U-Shaped*

Pola aliran ini akan dipakai bilamana dikehendaki bahwa akhir dari proses produksi akan berada pada lokasi yang sama dengan awal proses produksinya. Hal ini akan mempermudah pemanfaatan fasilitas transportasi dan juga akan mempermudah pengawasan untuk keluar masuknya *material* dari dan menuju pabrik. Apabila garis aliran *relative* panjang maka pola *U-Shape* ini tidak efisien dan untuk ini lebih baik digunakan pola aliran bahan *Zig-Zag*.

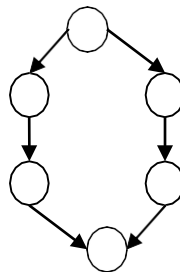


Gambar 2.9 Pola Aliran Bahan *U-Shape*

Sumber: Wignjosoebroto, 2009

4. *Circular*

Pola aliran berdasarkan bentuk lingkaran ini sangat baik dipergunakan bilamana dikehendaki untuk mengembalikan material atau produk pada titik awal aliran produksi. Aliran ini juga sangat baik apabila *department* penerimaan dan pengiriman *material* atau produk jadi direncanakan untuk berada pada lokasi yang sama dalam pabrik yang bersangkutan.



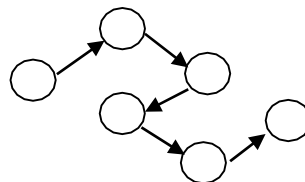
Gambar 2.10 Pola Aliran Bahan *Circular*

Sumber: Wignjosoebroto, 2009

5. *Odd-Angle*

Pola aliran berdasarkan *odd-angle* ini tidaklah begitu dikenal dibandingkan pola aliran yang ada. Adapun beberapa keuntungan yang ada bila memakai pola antara lain :

- a. Bilamana tujuan utamanya adalah untuk memperoleh garis aliran yang pendek diantara suatu kelompok kerja dari area yang saling berkaitan.
- b. Bilamana proses *handling* dilaksanakan secara mekanis.
- c. Bilamana ada keterbatasan ruangan yang menyebabkan pola aliran yang lain terpaksa tidak diterapkan.
- d. Bila dikehendaki adanya pola aliran yang tetap dari fasilitas – fasilitas yang ada.
- e. *Odd-angle* ini akan memberikan lintasan yang pendek dan terutama untuk area yang kecil (Wignjosoebroto,1996).



Gambar 2.11 Pola Aliran Bahan *Odd-Angle*

Sumber: Wignjosoebroto, 2009

2.6 Pengendalian Kualitas

Kualitas memiliki banyak definisi yang berbeda-beda yang disebabkan karena pengertian kualitas dapat diterapkan pada berbagai dimensi kehidupan. (Montgomery, 2005) menyatakan pengertian kualitas tersebut juga muncul dari beberapa ahli yaitu:

1. Vincent Gaspersz menyatakan kualitas sebagai segala sesuatu yang dapat memuaskan pelanggan atau sesuai dengan persyaratan dan kebutuhan pelanggan. Selain itu didefinisikan juga bahwa kualitas sebagai konsistensi peningkatan dan penurunan variasi karakteristik produk, agar dapat memenuhi spesifikasi dan kebutuhan guna meningkatkan kepuasan pelanggan internal maupun eksternal.
2. Perbendaharaan ISO8402 dan SNI 10-8402-1991 menyatakan kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk ataupun jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan, baik yang dinyatakan secara tegas maupun tersamar.
3. Joseph M. Juran menyatakan kualitas didefinisikan sebagai kecocokan untuk pemakaian yang mengandung pengertian bahwa suatu produk atau jasa harus dapat memenuhi apa yang diharapkan oleh para pemakainya.

Sehingga secara umum dapat disimpulkan bahwa kualitas merupakan keseluruhan karakteristik produk dan jasa yang dalam pemakaiannya sesuai dengan ekspektasi pelanggan.

Pengendalian kualitas adalah suatu aktivitas (manajemen perusahaan) untuk menjaga dan mengarahkan agar kualitas produk (dan jasa) perusahaan dapat dipertahankan sebagaimana yang telah direncanakan. Pengendalian kualitas merupakan usaha preventif dan dilaksanakan sebelum kualitas produk mengalami kerusakan. (Agus Ahyari, 1986). Pengertian pengendalian kualitas sangat luas, dikarenakan berhubungan dengan beberapa unsur yang mempengaruhi kualitas yang harus dimasukkan dan dipertimbangkan.

Secara garis besar pengendalian kualitas dikelompokkan menjadi :

- a. Pengendalian kualitas sebelum pengolahan atau proses yaitu pengendalian kualitas yang berkenaan dengan proses yang berurutan dan teratur termasuk bahan-bahan yang akan diproses.
- b. Pengendalian kualitas terhadap produk jadi yaitu pengendalian yang dilakukan terhadap barang hasil produksi untuk menjamin supaya produk jadi tidak mengalami kerusakan atau tingkat kerusakan produk sedikit. (Sofyan Assauri, 2004). Teknik yang digunakan dalam pengendalian kualitas diantaranya dengan metode *control chart*. Metode tersebut digunakan untuk mengetahui rata-rata kerusakan produk dan besarnya penyimpangan-penyimpangan yang terjadi.

Tujuan pengendalian kualitas menurut (Agus Ahyari, 1986) adalah:

- a. Untuk meningkatkan kepuasan konsumen
- b. Mengusahakan agar penggunaan biaya serendah mungkin
- c. Agar dapat memproduksi selesai tepat pada waktunya

2.7 Six Sigma

Six Sigma adalah suatu alat manajemen baru yang digunakan untuk mengganti Total Quality Management (TQM), sangat terfokus terhadap pengendalian kualitas dengan mendalami sistem produksi perusahaan secara keseluruhan. Definisi *Six Sigma* Motorola (Motorola's Six Sigma) merupakan suatu metode atau teknik pengendalian kualitas dramatik yang diterapkan Motorola sejak tahun 1986 (Gaspersz, 2002). Istilah *Six Sigma* diambil dari huruf abjad Yunani (σ) yang digunakan untuk menggambarkan variabilitas dan memiliki target 3,4 *Defect Per Million Opportunities* (DPMO). Target 3,4 *Defect Per Million Opportunities*

(DPMO) diinterpretasikan sebagai dalam satu unit produk tunggal terdapat rata-rata kesempatan untuk gagal dari suatu karakteristik *Critical To Quality* (CTQ) adalah hanya 3,4 kegagalan per satu juta kesempatan (Gaspersz, 2002). Metode ini disusun berdasarkan sebuah metodologi penyelesaian masalah yang sederhana DMAIC yang merupakan singkatan dari *Define* (merumuskan), *Measure* (mengukur), *Analyze* (menganalisis), *Improve* (meningkatkan atau memperbaiki), dan *Control* (mengendalikan). *Six Sigma* menjadi pendekatan yang menggabungkan bermacam macam perangkat statistik serta pendekatan perbaikan proses lainnya. Pada dasarnya pelanggan akan merasa puas apabila mereka menerima nilai yang diharapkan. Terdapat enam aspek kunci yang perlu diperhatikan dalam aplikasi konsep *Six Sigma* (Gaspersz, 2002), yaitu:

1. Identifikasi pelanggan.
2. Identifikasi produk.
3. Identifikasi kebutuhan dalam memproduksi produk untuk pelanggan.
4. Definisi proses.
5. Menghindari kesalahan dalam proses dan menghilangkan semua pemborosan yang ada.
6. Tingkatkan proses secara terus-menerus menuju target *Six Sigma*.

2.9.1 Manfaat Six Sigma

Ada beberapa manfaat *Six Sigma* bagi perusahaan (Pande, 2002) yaitu:

1. Menghasilkan sukses berkelanjutan.

Cara untuk melanjutkan pertumbuhan dan tetap menguasai pertumbuhan pasar yang aman adalah terus-menerus berinovasi. *Six Sigma* merupakan

upaya untuk melakukan perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*).

2. Mengatur tujuan kinerja bagi setiap orang.

Dalam sebuah perusahaan, setiap orang bekerja dengan memiliki tujuan yang sama. *Six Sigma* merupakan alat untuk menciptakan sebuah tujuan yang konsisten yaitu kesempurnaan 99,9997 % atau 3,4 cacat dalam sejuta peluang.

3. Memperkuat nilai pada pelanggan.

Dengan persaingan yang ketat di setiap industri, hanya produk yang memiliki kualitas terbaik yang dapat diterima oleh pelanggan. Fokus pada pelanggan adalah inti dari *Six Sigma* dengan mempelajari nilai yang diinginkan oleh pelanggan terhadap produk.

4. Melakukan perubahan strategi.

Dengan lebih memahami proses dan prosedur perusahaan akan memberikan kemampuan yang lebih besar untuk melakukan penyesuaian-penyesuaian kecil maupun perubahan-perubahan besar yang dituntut oleh proses bisnis.

2.8 Siklus DMAIC

Tahap-tahap implementasi peningkatan kualitas dengan *Six Sigma* terdiri dari lima langkah yaitu menggunakan siklus *Define, Measure, Analyze, Improve*, dan *Control* (DMAIC). DMAIC merupakan proses sistematis dan mengacu pada fakta untuk melakukan perbaikan terus menerus menuju target *Six Sigma* (Gaspersz, 2002).

2.10.1 Fase *Define*

Langkah awal dalam pelaksanaan metode *Six Sigma* adalah fase *Define*. *Define* adalah penetapan sasaran dari aktivitas peningkatan kualitas *Six Sigma*. Langkah ini untuk mendefinisikan rencana-rencana tindakan yang harus dilakukan untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap proses bisnis (Gaspersz, 2002). *Define* dapat menggunakan beberapa *tools* seperti *Flowchart*, Diagram Pareto, Diagram SIPOC, *Brainstorming* (Pande, 2002).

Menurut Gaspersz (2002), terdapat beberapa aktivitas utama yang dilakukan pada tahap *Define* (D), antara lain:

1. Mendefinisikan kriteria pemilihan proyek *Six Sigma*.
2. Mendefinisikan peran dan tanggung jawab orang yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
3. Mendefinisikan kebutuhan pelatihan dalam proyek *Six Sigma*.
4. Mendefinisikan proses-proses kunci beserta pelanggan dari proyek *Six Sigma*.
5. Mendefinisikan kebutuhan spesifik dari pelanggan yang terlibat dalam proyek *Six Sigma*.
6. Mendefinisikan pernyataan tujuan proyek *Six Sigma*.

2.10.1.1 Diagram Alir (*Flowchart*)

Flowchart adalah sebuah diagram yang menggunakan simbol-simbol untuk menggambarkan sifat dan aliran urutan dari sebuah proses. Nama lain dari alat ini adalah *flow diagram*. Simbol-simbol yang bisa digunakan dalam *flowchart* secara spesifik maksud yang dihubungkan dengan sebuah panah yang menandakan aliran

dari satu langkah ke langkah yang lain. Masing-masing simbol akan dijelaskan dibawah ini.

1. Oval. Menandakan titik awal dan titik akhir dari urutan proses.
2. Kotak. Kotak menandakan sebuah langkah tunggal atau aktifitas dalam proses.
3. Belah ketupat. Belah ketupat menunjukkan titik keputusan seperti ya atau tidak, lanjut atau berhenti. Setiap jalan yang dihasilkan dari belah keputusan harus diberi keterangan dengan jawaban yang masuk akal.
4. Lingkaran. Lingkaran menandakan beberapa langkah akan dihubungkan dengan halaman lain atau bagian dari *flowchart*.
5. Segitiga. Segitiga menunjukkan dimana proses pengukuran berlangsung.

Diagram alir proses menunjukkan aktivitas yang perlu dilakukan dalam suatu proses. Diagram alir proses ini penting sekali untuk menganalisa aktivitas yang perlu diperbaiki atau masalah yang perlu dihilangkan. Beberapa keuntungan menggunakan *flowchart* yaitu :

1. Meningkatkan pemahaman dari sebuah proses dengan menjelaskan urutan dengan gambar. Orang mungkin mempunyai perbedaan pemahaman terhadap proses yang sedang berlangsung. *Flowchart* dapat membantu kesamaan persepsi dalam urutan proses tersebut. *Flowchart* meningkatkan pemahaman dimana tulisan tidak dapat melakukannya. Bentuk dari *flowchart* dapat mengganti beberapa halaman dari kata.
2. Menyediakan alat latihan untuk karyawan. Dikarenakan kemampuan secara visual tentang *layout* urutan proses, *flowchart* sangat membantu dalam memberikan latihan terhadap karyawan dengan prosedur yang standar.

3. Mengidentifikasi daerah bermasalah dan kesempatan untuk peningkatan dari sebuah proses. Ketika urutan proses dipecah lagi, sehingga permasalahan menjadi semakin jelas. Sehingga mudah melihat titik kesempatan untuk menyederhanakan atau memperbaiki proses dengan menganalisa titik keputusan, langkah yang berulang, aliran pengerjaan ulang.

2.10.1.2 Diagram Pareto

Diagram Pareto diperkenalkan oleh Alfredo Pareto. Diagram Pareto merupakan diagram batang yang khusus yang membagi satu kelompok berdasarkan kategori, dan membandingkannya dari yang terbesar sampai terkecil (Pande, 2002). Diagram ini digunakan untuk mencari bagian terbesar dari masalah atau kontributor terbesar dari penyebab masalah sehingga peneliti dapat memfokuskan proyek dan solusi pada hal-hal yang paling berpengaruh. Diagram Pareto mengacu kepada “Hukum 80-20”: kebanyakan masalah (80) berasal dari sedikit penyebab (20) (Pande, 2002).

Diagram Pareto sering digunakan pada fase di siklus DMAIC. Diagram Pareto tidak secara otomatis mengidentifikasi cacat paling penting tetapi hanya cacat yang paling banyak terjadi (dominan). Sumbu vertikal (sumbu y) pada diagram Pareto menunjukkan presentase komponen cacat sedangkan sumbu horizontal (sumbu x) menunjukkan jenis cacat pada produk. Diagram Pareto juga dapat mempengaruhi usaha perbaikan kualitas dan memberikan petunjuk dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan masalah.

2.10.2 Fase *Measure*

Fase *Measure* merupakan langkah kedua dalam peningkatan kualitas *Six Sigma*. Fase *Measure* bertujuan untuk mengetahui *Critical to Quality* (CTQ) dari produk atau proses yang ingin diperbaiki. Terdapat beberapa hal pokok yang dilakukan dalam fase *Measure* (M), (Gaspersz, 2002) yaitu:

1. Memilih atau menentukan karakteristik kualitas (*Critical to Quality*) kunci yang berhubungan langsung dengan kebutuhan spesifik dari pelanggan.
2. Mengembangkan suatu rencana pengumpulan data melalui pengukuran yang dapat dilakukan pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome*.

Menurut (Gaspersz, 2002), pengukuran karakteristik kualitas dapat dilakukan pada tiga tingkat yaitu:

- a. Pengukuran pada tingkat proses (*process level*) adalah mengukur setiap langkah atau aktivitas dalam proses dan karakteristik kualitas input yang diserahkan oleh pemasok yang mengendalikan dan mempengaruhi karakteristik kualitas output yang diinginkan.
- b. Pengukuran pada tingkat *output* (*output level*) adalah mengukur karakteristik kualitas *output* yang dihasilkan dari suatu proses dibandingkan terhadap spesifikasi karakteristik kualitas yang diinginkan oleh pelanggan.
- c. Pengukuran pada tingkat *outcome* (*outcome level*) adalah mengukur bagaimana baiknya suatu produk (barang dan/atau jasa) itu memenuhi kebutuhan spesifik dan ekspektasi rasional pelanggan, jadi mengukur tingkat kepuasan pelanggan dalam menggunakan produk (barang atau jasa) yang diserahkan.

Mengukur kinerja sekarang (*current performance*) pada tingkat proses, *output*, dan/atau *outcome* untuk ditetapkan sebagai *baseline* kinerja (*performance baseline*) pada awal proyek *Six Sigma*. Dalam terminologi *Six Sigma*, kriteria karakteristik kualitas yang menimbulkan dan/atau memiliki potensi untuk menimbulkan kegagalan atau kecacatan itu disebut CTQ potensial yang menimbulkan kegagalan atau kecacatan (Gaspersz, 2002).

2.10.2.1 Control Chart untuk Data Variabel

Control Chart merupakan tampilan grafis dari karakteristik kualitas yang telah diukur atau dihitung dari sampel yang tersedia. Terdapat tiga batas yang umum digunakan dan dilambangkan dalam bentuk garis horizontal yaitu Garis Pusat atau *Center Line*, Batas Kendali Atas atau *Upper Control Limit*, dan Batas Kendali Bawah atau *Lower Control Limit* (Montgomery, 2009). Cara membaca *control chart* ini adalah selama plot poin berada dalam batas kendali maka proses diasumsikan berada pada batas kendali dan belum diperlukan adanya suatu penanganan atau disebut penyebab umum (Montgomery, 2009). Ketika plot poin berada di luar batas kendali, maka diperlukan tindakan perbaikan pada aspek yang dinilai tidak sesuai dengan sistem atau biasa disebut penyebab khusus (Montgomery, 2009). Peta pengendali kualitas proses statistik untuk menggambarkan variasi atau penyimpangan yang terjadi pada kecenderungan memusat dan penyebaran observasi (Ariani, 2004).

Data variabel merupakan data kuantitatif yang diukur menggunakan alat pengukuran tertentu untuk keperluan pencatatan dan analisis. Data variabel bersifat kontinyu. Jika suatu catatan dibuat berdasarkan keadaan aktual, diukur secara langsung, maka karakteristik kualitas yang diukur itu disebut sebagai variabel.

Contoh data variabel karakteristik kualitas adalah diameter pipa, berat kertas, waktu yang dibutuhkan untuk melakukan satu proses, ukuran-ukuran berat, panjang, tinggi, diameter, waktu dan volume merupakan data variabel. Variabilitas dapat disebabkan oleh penyebab umum dan penyebab khusus.

1. Penyebab Umum (*Chance causes/common cause*) terjadi selama proses, bersifat acak, jika hanya ada penyebab umum saja, proses dianggap stabil dan terkontrol.
2. Penyebab Khusus (*Assignable causes/special cause*). Variasi ini terjadi karena adanya pengaruh dari luar, proses ini dikatakan tak terkontrol.

\bar{X} -Chart merupakan peta pengendali untuk melihat apakah proses masih berada dalam batas pengendalian atau tidak (Ariani, 2004). Selain itu, \bar{X} -Chart menunjukkan apakah rata-rata yang dihasilkan oleh produk masih sesuai dengan standar pengendalian yang digunakan perusahaan atau tidak. Menurut (Montgomery, 2009) jumlah sampel yang digunakan dalam perhitungan *subgroup* pada \bar{X} -Chart dan R-Chart adalah 20-25 sampel dengan jumlah *trial* sebanyak 3-5 replikasi setiap *subgroup*. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk peta kontrol X.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{n} \tag{2-1}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n xi}{g} \tag{2-2}$$

Sumber : Ariani (2004)

Keterangan :

\bar{X} : rata-rata pada masing-masing kelompok atau sampel

\bar{R} : rata-rata *range*

Xi : data pada setiap sub kelompok atau sampel yang diambil

n : banyaknya sampel yang diambil dalam setiap observasi

g : banyaknya observasi

\bar{X} : rata-rata dari rata-rata masing-masing kelompok

Upper Control Limit (UCL) dan *Lower Control Limit (LCL)* untuk peta

kendali rata-rata (*X-chart*) adalah:

$$UCL \bar{X} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (2-3)$$

$$LCL \bar{X} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (2-4)$$

Sumber : Ariani (2004)

Upper Control Limit (UCL) dan *Lower Control Limit (LCL)* untuk peta

kendali jarak (*R-chart*) adalah:

$$UCL \bar{R} = D_4 \cdot \bar{R} \quad (2-5)$$

$$LCL \bar{R} = D_3 \cdot \bar{R} \quad (2-6)$$

Sumber : Ariani (2004)

Nilai A_2 , D_4 , dan D_3 dapat dilihat pada tabel lampiran

2.10.2.2 Indeks Kapabilitas Proses

Indeks kapabilitas proses (C_p) digunakan untuk mengukur tingkat dimana suatu *output* proses berada pada nilai spesifikasi target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan. Semakin tinggi nilai C_p menunjukkan bahwa *output* proses semakin mendekati nilai spesifikasi target target kualitas (T) yang diinginkan oleh pelanggan atau tingkat kegagalan proses semakin berkurang menuju tingkat kegagalan kualitas nol (*zero defect oriented*).

$$C_p = \frac{(USL - LSL)}{6\sigma} \quad (2-7)$$

Sumber : Gaspersz (2006)

Persyaratan penggunaan formula ini adalah proses harus berdistribusi normal dan nilai rata-rata proses (\bar{X}) mendekati nilai target (T), yang berarti

nilai \bar{X} proses berada di tengah interval USL dan LSL (Gaspersz, 2006). Nilai C_p dan kapabilitas proses dihitung menggunakan kapabilitas proses 3-sigma sebagai referensi, karena formula $C_p = (USL - LSL) / 6\sigma$ diciptakan untuk pengendalian kualitas 3-sigma. Misalnya jika pengendalian kapabilitas proses yang diinginkan adalah pada tingkat 4,5 sigma, maka nilai C_p harus sama dengan $4,5/3 = 1,50$. Berdasarkan konsep ini, kita dapat menentukan berbagai nilai C_p pada kapabilitas sigma. Misalkan, jika kapabilitas proses adalah 4,3 sigma, maka $C_p = 4,3/3 = 1,43$. Dari penjelasan tersebut, perusahaan tidak boleh puas hanya dengan mencapai angka indeks $C_p = 1,33$; karena indeks $C_p = 1,33$ hanya memiliki kapabilitas proses 4 sigma, yang berarti proses masih mengandung 6210 DPMO. Jika $C_p = 2,0$; maka kapabilitas proses adalah 6,0 sigma dan hanya mengandung 3,4 DPMO. Berbagai nilai sigma dan DPMO ditunjukkan dalam Tabel Lampiran 1 dan 2.

Menurut (Gaspersz, 2002) kriteria pengukuran C_{pm} dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma* adalah sebagai berikut:

- a. $C_p \geq 2$, maka proses dianggap mampu dan kompetitif (perusahaan berkelas dunia)
- b. C_p antara 1,00 – 1,99, maka proses dianggap cukup mampu, namun perlu upaya giat untuk peningkatan kualitas menuju target perusahaan berkelas dunia yang memiliki tingkat kegagalan sangat kecil menuju nol (*zero defect oriented*). Perusahaan yang mempunyai C_{pm} yang berada 1,00 – 1,99 memiliki kesempatan terbaik dalam melakukan program peningkatan kualitas *Six Sigma*.

- c. $C_p < 1,00$, maka proses dianggap tidak mampu dan belum kompetitif untuk bersaing di pasar global.

2.10.2.3 Perhitungan Level Sigma dan DPMO untuk Data Variabel

Pada fase *Measure* dilakukan perhitungan level sigma dan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) yang merupakan *baseline* kinerja dalam *Six Sigma* dan dapat dikonversikan dalam level sigma (Gaspersz, 2002).

Indeks C_p dapat dijadikan indikator pada tingkat kapabilitas berapa sigma jika proses yang sedang dikendalikan itu beroperasi. Hubungan antara C_p , kapabilitas sigma dan DPMO ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Hubungan C_p , Kapabilitas Sigma, dan DPMO

C_p	Kapabilitas Sigma	DPMO
0,33	1,0 sigma	691.462
0,50	1,5 sigma	500.000
0,67	2,0 sigma	308.538
0,83	2,5 sigma	158.655
1,00	3,0 sigma	66.807
1,17	3,5 sigma	22.750
1,33	4,0 sigma	6.210
1,50	4,5 sigma	1.350
1,67	5,0 sigma	233
1,83	5,5 sigma	32
2,00	6,0 sigma	3,4

Sumber : Gaspersz (2006)

2.10.3 Fase *Analyze*

Fase *Analyze* merupakan langkah operasional yang ketiga dalam program peningkatan kualitas *Six Sigma*. Fase *Analyze* bertujuan untuk mengetahui lebih jauh mengenai proses dan mengidentifikasi penyebab permasalahan (Gaspersz, 2002). Menurut Gaspersz (2002), terdapat beberapa aktivitas utama yang dilakukan pada tahap *Analyze* (A), antara lain:

1. Menentukan stabilitas (*stability*) dan kapabilitas/kemampuan (*capability*) dari proses.

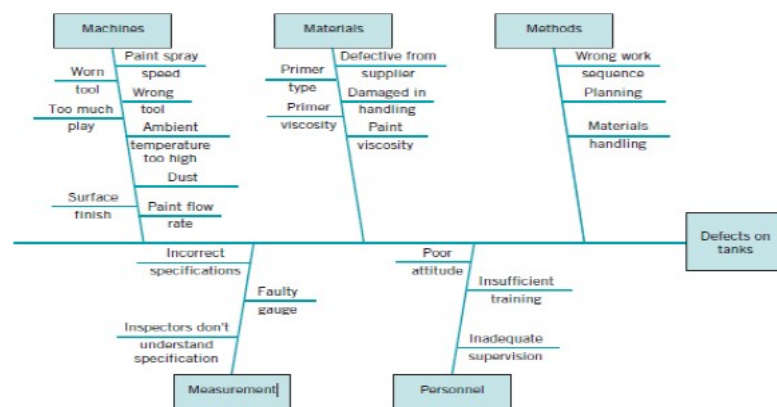
2. Menentukan target-target kinerja dari karakteristik kualitas kunci (CTQ) yang akan ditingkatkan dalam proyek *Six Sigma*.
3. Mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab kegagalan atau kecacatan.

2.10.3.1 Diagram Sebab Akibat

Diagram sebab akibat atau sering disebut diagram Ishikawa (*Fishbone Diagram*). Alat ini dikembangkan pertama kali pada tahun 1950 oleh seorang pakar kualitas Jepang, yaitu Dr. Kaoru Ishikawa. Diagram ini menggambarkan garis dan simbol-simbol yang menunjukkan hubungan antara akibat dan penyebab suatu masalah.

Fishbone Diagram digunakan untuk *brainstorming* terhadap penyebab-penyebab yang mungkin terjadi, penyebab yang mengarah kepada penyebab lainnya yang dihubungkan dengan pohon struktur (Pande, 2002). Faktor-faktor yang menimbulkan akibat yang mempengaruhi karakteristik kualitas yaitu *man, material, method, machine* dan *environment*.

Berikut ini merupakan contoh dari diagram sebab akibat yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.12 Diagram Sebab Akibat
Sumber: Montgomery (2009)

2.10.3.2 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (Gaspersz, 2002). *Failure Mode* diartikan sebagai sejenis kegagalan yang mungkin terjadi, baik kegagalan secara spesifikasi maupun kegagalan yang mempengaruhi konsumen. Dari *Failure Mode* ini kemudian dianalisis terhadap akibat kegagalan dari sebuah proses terhadap mesin setempat maupun proses lanjutan. FMEA terbagi menjadi dua yaitu FMEA *Design* yang digunakan untuk memprediksi kesalahan yang akan terjadi pada desain proses produk sedangkan FMEA *Process* untuk mendeteksi kesalahan pada saat proses telah dijalankan. FMEA merupakan sebuah metodologi yang digunakan untuk menganalisis dan menemukan:

1. Semua kegagalan-kegagalan yang potensial terjadi pada suatu sistem.
2. Efek-efek dari kegagalan ini yang terjadi pada sistem dan bagaimana cara untuk memperbaiki atau meminimalis kegagalan-kegagalan atau efek-efeknya pada sistem (perbaikan dan minimalis yang dilakukan biasanya berdasarkan pada sebuah rangking dari *severity* dan *probability* dari kegagalan).

Proses FMEA merupakan sebuah teknik analisa yang digunakan oleh tim *manufacturing* yang bertanggung jawab untuk meyakinkan bahwa untuk memperluas kemungkinan cara-cara kegagalan dan mencari penyebab yang berkaitan yang telah dipertimbangkan kedalam bentuk *form* yang tepat, sebuah FMEA merupakan ringkasan dari pemikiran tim *engineering* (termasuk analisis dari item-item yang dapat berjalan tidak sesuai dengan keinginan berdasarkan

pengalaman dan pemikiran masa lalu) sebagaimana proses dikembangkan (Lange, 2011).

Proses FMEA terdiri atas:

1. Mengidentifikasi produk yang potensial yang berkaitan dengan cara-cara kegagalan proses.
2. Memperkirakan efek bagi konsumen yang potensial yang disebabkan oleh kegagalan.
3. Mengidentifikasi sebab-sebab yang potensial pada proses perakitan dan mengidentifikasi variabel-variabel pada proses yang berguna untuk memfokuskan pada pengendalian untuk mengurangi kegagalan atau mendeteksi keadaan-keadaan kegagalan.
4. Mengembangkan sebuah daftar peringkat dari cara-cara kegagalan yang potensial, ini menetapkan sebuah sistem prioritas sebagai pertimbangan untuk melakukan tindakan perbaikan.
5. Mendokumentasikan hasil-hasil dari proses produksi atau perakitan.

Metodologi *Risk Priority Number* (RPN) merupakan sebuah teknik untuk menganalisis resiko yang berkaitan dengan masalah-masalah yang potensial yang telah diidentifikasi selama pembuatan FMEA. Metode RPN kemudian memerlukan analisis dari tim untuk menggunakan pengalaman masa lalu dan keputusan *engineering* untuk memberikan peringkat pada setiap potensial masalah menurut rating skala berikut:

1. *Severity* atau pengaruh buruk merupakan suatu perkiraan subyektif mengenai kerumitan (keseriusan) suatu kegagalan dan bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut. Penilaian

severity menggunakan skala 1-10. Berikut ini merupakan nilai skala dari *severity* yang ditunjukkan oleh Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai *Severity*

Rangking	Kriteria
1	<i>Negilible Severity</i> (pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Manajemen tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kinerja produk. Pengguna akhir mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan atau kegagalan ini.
2 3	<i>Mild Severity</i> (pengaruh buruk yang ringan/sedikit). Akibat yang ditimbulkan hanya bersifat ringan. Pengguna akhir tidak akan merasakan perubahan kinerja. Perbaikan dapat dikerjakan pada saat pemeliharaan reguler (<i>reguler maintenance</i>).
4 5 6	<i>Moderate Severity</i> (pengaruh buruk yang moderat). pengguna akhir akan merasakan penurunan kinerja atau penampilan, namun masih berada dalam batas toleransi. Perbaikan yang dilakukan tidak akan mahal, jika terjadi <i>downtime</i> hanya dalam waktu singkat.
7 8	<i>High Severity</i> (pengaruh buruk yang tinggi). Pengguna akhir akan merasakan akibat buruk yang tidak dapat diterima, berada diluar batas toleransi. Akibat akan terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. <i>Downtime</i> akan berakibat biaya yang sangat mahal. Penurunan kinerja dalam area yang berkaitan dengan peraturan pemerintah, namun tidak berkaitan dengan keamanan dan keselamatan.
9 10	<i>Potential Safety Problem</i> (masalah keselamatan/keamanan potensial). Akibat yang ditimbulkan sangat berbahaya yang dapat terjadi tanpa pemberitahuan atau peringatan terlebih dahulu. Bertentangan dengan hukum.

Sumber: Gaspersz (2002)

2. *Occurance (likelihood)* atau rangking kemungkinan merupakan perkiraan subyektif tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab itu terjadi dan menghasilkan mode kegagalan yang memberikan akibat tertentu. Skala terhadap *occurance* adalah 1-10. Berikut ini merupakan nilai skala dari *occurance* yang ditunjukkan oleh Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai *Occurance*

Rangking	Kriteria	Defect
1	Tidak mungkin bahwa penyebab ini yang mengakibatkan mode kegagalan	1 dalam 1.000.000
2	Kegagalan akan jarang terjadi	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000
4		1 dalam 1.000
5	Kegagalan agak mungkin terjadi	1 dalam 400
6		1 dalam 80
7		1 dalam 40
8	Kegagalan sangat mungkin terjadi	1 dalam 20
9		1 dalam 8
10	Hampir dapat dipastikan bahwa kegagalan akan terjadi	1 dalam 2

Sumber: Gaspersz (2002)

3. *Detection* merupakan perkiraan subyektif mengenai suatu metode pencegahan atau deteksi yang dapat menghilangkan mode kegagalan. Skala yang digunakan penilaian *detection* adalah 1-10. Berikut ini merupakan nilai skala dari *occurance* yang ditunjukkan oleh Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai *Detection*

Rangking	Kriteria	Defect
1	Metode pencegahan atau deteksi sangat efektif. Spesifikasi akan dapat dipenuhi secara konsisten.	1 dalam 1.000.000
2	Kemungkinan kecil bahwa spesifikasi tidak akan terpenuhi	1 dalam 20.000
3		1 dalam 4.000
4	Kemungkinan bersifat moderat. Metode pencegahan atau deteksi masih memungkinkan kadang-kadang spesifikasi itu tidak terpenuhi.	1 dalam 1.000
5		1 dalam 400
6		1 dalam 80
7	Kemungkinan bahwa spesifikasi produk tidak dapat dipenuhi masih tinggi. Metode pencegahan atau deteksi kurang efektif	1 dalam 40
8		1 dalam 20
9	Kemungkinan bahwa spesifikasi produk tidak dapat dipenuhi sangat tinggi. Metode pencegahan atau deteksi tidak efektif.	1 dalam 8
10		1 dalam 2

Sumber: Gaspersz (2002)

Setelah pemberian rating dilakukan, nilai RPN dari setiap penyebab kegagalan dihitung dengan menggunakan persamaan (2-8):

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \quad (2-8)$$

Sumber : Gaspersz (2002)

Nilai RPN dari setiap masalah yang potensial dapat digunakan untuk membandingkan penyebab-penyebab yang teridentifikasi selama dilakukan analisis. Pada umumnya RPN jatuh diantara batas yang ditentukan, tindakan perbaikan dapat diusulkan atau dilakukan untuk mengurangi resiko. Ketika menggunakan teknik *risk assessment* sangat penting untuk mengingat bahwa tingkat RPN adalah relatif terhadap analisis tertentu (dilakukan dengan sebuah set skala peringkat yang umum dan analisis tim yang berusaha untuk membuat peringkat yang konsisten untuk semua penyebab masalah yang teridentifikasi selama melakukan analisis). Untuk itu sebuah RPN di dalam suatu analisis dapat

dibandingkan dengan RPN yang lainnya di dalam analisis yang sama, tapi tidak dapat dibandingkan terhadap RPN didalam suatu analisis yang lain.

Secara umum, analisis FMEA dipengaruhi oleh tim yang bekerja secara *cross function* pada tahap yang bervariasi pada waktu desain, proses pengembangan dan perkaitan dan pada umumnya terdiri dari:

1. *Item/Process*: mengidentifikasi item atau proses yang akan menjadi subyek dari analisis. Termasuk beberapa penyelidikan terhadap desain dan karakteristik-karakteristik reliabilitas.
2. *Function*: mengidentifikasi fungsi-fungsi dimana item atau proses diharapkan untuk bekerja.
3. *Failures*: mengidentifikasi kegagalan yang diketahui dan potensial yang dapat mencegah atau menurunkannya kemampuan dari item atau proses untuk bekerja sesuai dengan fungsinya.
4. *Failures effect*: mengidentifikasi efek-efek yang diketahui dan potensial yang mungkin muncul dari setiap kegagalan yang terjadi.
5. *Failures cause*: mengidentifikasi penyebab yang diketahui dan potensial untuk penyebab kegagalan.
6. *Current control*: memeriksa mekanisme kontrol yang akan ada untuk mengeliminasi atau menurunkan kemungkinan kegagalan akan muncul.
7. *Recommended action*: mengidentifikasi tindakan perbaikan yang perlu dilakukan yang bertujuan untuk mengeliminasi atau menurunkan risiko dan dilanjutkan dengan melengkapi dengan memberikan recommended action.
8. *Prioritize issues*: memprioritaskan tindakan perbaikan yang harus dilakukan menurut standar yang konsisten yang telah ditentukan oleh perusahaan.

Peringkat RPN adalah metode yang umum untuk memprioritaskan tingkat kegagalan.

9. *Other Details*: tergantung pada situasi tertentu dan petunjuk untuk melakukan analisis yang diadaptasi oleh perusahaan, keterangan yang lain mungkin dipertimbangkan selama melakukan analisis, seperti cara operasional ketika kegagalan muncul.
10. *Report*: membuat laporan dari analisis dalam bentuk format standar yang telah ditentukan oleh perusahaan. Report ini pada umumnya berbentuk format table. Sebagai tambahan laporan dapat menyertakan diagram berbentuk blok dan atau diagram alir untuk mengilustrasikan item atau proses yang merupakan subyek dari analisis.

2.10.4 Fase *Improve*

Fase *Improve* merupakan salah satu aktivitas penting dalam melaksanakan peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada langkah ini diterapkan suatu rencana tindakan Rencana tersebut mendeskripsikan tentang alokasi sumber daya serta prioritas atau alternatif yang dilakukan. Tim peningkatan kualitas *Six Sigma* harus memutuskan target yang ingin dicapai (berkaitan dengan target yang ditetapkan), alasan kegunaan (mengapa) rencana tindakan tersebut dilakukan, siapa yang bertanggung jawab atas tindakan tersebut, bagaimana melaksanakan rencana tindakan itu serta manfaat positif dari implementasi rencana tindakan tersebut (Gaspersz, 2002).

2.10.5 Fase *Control*

Fase *Control* merupakan tahap operasional terakhir dalam upaya peningkatan kualitas berdasarkan *Six Sigma* (Gaspersz, 2002). Fase ini bertujuan untuk meningkatkan integrasi, pembelajaran, transfer pengetahuan baru untuk

mencapai perbaikan yang diinginkan. Pada tahap ini hasil peningkatan kualitas di dokumentasikan dan disebarluaskan, praktik-praktik terbaik yang sukses dalam peningkatan proses distandarisasi dan disebarluaskan, prosedur didokumentasi dan dijadikan sebagai pedoman standar serta kepemilikan atau tanggung jawab ditransfer dari tim kepada pemilik atau penanggung jawab proses.

Hasil-hasil yang memuaskan dari proyek peningkatan kualitas *Six Sigma* harus distandarisasikan dan selanjutnya dilakukan peningkatan terus-menerus pada jenis masalah yang lain mengikuti konsep DMAIC. Standarisasi dimaksudkan untuk mencegah masalah yang sama dan praktek-praktek lama terulang kembali. Terdapat dua alasan melakukan standarisasi, yaitu:

1. Setelah periode waktu tertentu, dikhawatirkan manajemen dan karyawan akan kembali menggunakan cara-cara kerja lama sehingga memunculkan kembali masalah yang sudah pernah diselesaikan tersebut.
2. Terdapat kemungkinan apabila terjadi pergantian manajemen dan karyawan, orang-orang baru akan menggunakan cara-cara kerja yang dapat memunculkan kembali masalah yang sudah pernah diatasi oleh manajemen dan karyawan terdahulu.

Berdasarkan uraian diatas, standarisasi sangat diperlukan sesuai dengan konsep pengendalian kualitas yang berorientasi pada strategi pencegahan (*strategy of prevention*), bukan hanya berorientasi pada strategi pendeteksian (*strategy of detection*) saja. Pendokumentasian praktek-praktek kerja standar juga bermanfaat sebagai bahan dalam proses belajar terus-menerus, baik bagi karyawan baru maupun karyawan lama. Demikian pula dokumentasi tentang praktek-praktek standar dan solusi masalah yang pernah dilakukan akan menjadi sumber informasi

yang berguna untuk mempelajari masalah-masalah kualitas di masa mendatang sehingga tindakan peningkatan kualitas yang efektif dapat dilakukan.