

**OTIMASI WAKTU/PROSES PRODUKSI DI PT. SUMIDEN SINTERED  
COMPONENT INDONESIA DENGAN TEKNIK ANALISA NETWORK/PERT DAN  
METODE SMED**

**Supriyanto**

PT. Sumiden Sintered Component Indonesia, PPIC dan Warehouse Section Head  
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Mercubuana  
Jl. Raya Keranggan No. 6, Jatisampurna, Jawa Barat, Bekasi, Indonesia  
Email: [supriyantobinsamsudin@gmail.com](mailto:supriyantobinsamsudin@gmail.com); [supri\\_yanto\\_07@yahoo.com](mailto:supri_yanto_07@yahoo.com)

**ABSTRAK**

Sebagai suatu perusahaan yang melakukan proses produksi berdasarkan pesanan dari konsumen, maka ketepatan waktu penyelesaian produk dan kualitas produk yang dihasilkan sangatlah penting. Perusahaan diberi jangka waktu tertentu untuk menyelesaikan pesanan. Supaya perusahaan dapat menyelesaikan pesanan tepat waktu, perusahaan harus mempunyai perencanaan produksi yang baik. Untuk itu dilakukan penjadwalan dengan metode analisa network/PERT dan metode SMED. Studi literatur dan pengumpulan data baik dengan observasi, wawancara maupun pengumpulan dokumentasi dilakukan. Pengolahan data yang dilakukan adalah identifikasi jalur kritis dengan teknik analisa jaringan/metode PERT dengan cara mengumpulkan data waktu optimis, pesimis dan jaringan kemudian dengan percepatan waktu set-up mesin dengan metode SMED maka didapatkan percepatan waktu dari 10.58 jam menjadi 8 jam waktu set-up mesin compacting sehingga waktu yang didapatkan semakin berkurang 2.6 jam. Dengan demikian dari metode SMED didapatkan hasil yang optimal walaupun masih bisa di percepat dengan metode yang lain.

**Kata Kunci:** Metode SMED, Metode PERT, Penjadwalan, Analisa jaringan, Set-up

**ABSTRACT**

As a company that does the production process based on orders from customers, the timeliness of completion of the product and the quality of the product is important. Companies were given a period of time to complete the order. So that the company can complete orders on time, the company must have good production planning. For scheduling was done by the method of analysis of network / PERT and SMED method. The study of literature and data collection either through observation, interviews and the collection of documentation do. Data processing is done is identify the critical path with network analysis techniques / methods PERT by collecting data while optimistic, pessimistic and then with accelerating network machine set-up time with SMED method then obtained acceleration time from 10:58 hours to 8 hours set-up compacting machine so that the time that they got 2.6 hours wane. Thus the method SMED obtain optimum results even though they can be accelerated by other methods.

**Keywords:** SMED method, method PERT, Scheduling, Network Analysis, Set-up

## **PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang Masalah**

Saat ini dalam dunia industri persaingan yang dinamis dan cepat berubah, menuntut adanya peningkatan performance pengoperasian produksi yang efektif dan efisien. Salah satu permasalahan yang dihadapi oleh suatu perusahaan manufaktur adalah bagaimana melaksanakan proses produksi seefisien dan seefektif mungkin tanpa adanya pemborosan waktu dan produksi. Sehingga perusahaan nantinya dapat memasarkan dan menjual produknya dengan harga yang kompetitif daripada pesaingnya. Pada umumnya tujuan dari perusahaan adalah untuk mencapai keuntungan maksimal. Dalam usaha untuk mencapai tujuan tersebut, perusahaan harus mengaturnya dengan sebaik mungkin dengan berpedoman pada fungsi manajemen yang terdiri dari perencanaan, pengorganisasian, penggerakan dan pengawasan. Dalam melakukan aktifitasnya perusahaan perlu menyusun suatu rangkaian kegiatan, dimana semua rangkaian kegiatan tersebut harus selesai sesuai dengan waktu penyelesaian yang telah ditentukan. Waktu penyelesaian yang lebih lambat dari waktu yang telah ditentukan akan mengganggu kelancaran dari operasi perusahaan tersebut. Supaya dalam pelaksanaan pekerjaan bisa selesai tepat waktu maka perlu ditentukan urutan kegiatan dan waktu penyelesaian tiap kegiatan. Keterlambatan penyelesaian pekerjaan akan mengakibatkan penambahan waktu dan biaya.

PT. Sumiden Sintered Components Indonesia perusahaan manufaktur di bidang spare part yang memproduksi parts mobil yang menyuplai ke berbagai kostumer perusahaan mobil dan motor kususnya seperti Astra Honda Motor, Akasa Wahana Indonesia, Suzuki Indomobil Manufacture, AISIN, TMIN, IHARA, FCC, DENSO dan rencana masih ada beberapa customer lagi yang akan masuk sebagai costumer baru PT. Sumiden Sintered Components Indonesia. Sebagai suatu perusahaan yang melakukan proses produksi berdasarkan pesanan dari konsumen, maka ketepatan waktu penyelesaian produk dan kualitas produk yang dihasilkan sangatlah penting. Perusahaan diberi jangka waktu tertentu untuk menyelesaikan pesanan. Supaya perusahaan dapat menyelesaikan pesanan tepat waktu, perusahaan harus mempunyai perencanaan produksi. Penyelesaian pesanan sesuai dengan jangka waktu yang telah ditentukan akan menjamin kepuasan konsumen. Kepuasan konsumen merupakan salah satu cara untuk mendapatkan kepercayaan dari konsumen. Selama ini PT. Sumiden Sintered Components Indonesia belum menerapkan penggunaan analisis network dalam proses produksinya, sehingga dalam perusahaan ini terjadi masalah penggunaan waktu dan biaya yang belum efisien dalam proses produksi. Untuk membahas mengenai masalah diatas, maka penulis ingin mencoba menganalisis sistem penjadwalan proses produksi dan menuliskan hasilnya dalam tugas akhir dengan mengambil judul

### **2. Rumusan Masalah**

Adanya proses set up produksi yang belum efisien dan efektif di proses compacting 100 ton, sehingga mengakibatkan keterlambatan ke proses selanjutnya dengan demikian akan berdampak pada pengiriman ke kostumer. Dengan keadaan tersebut akan menyebabkan ketidakpercayaan kostumer sehingga akan berdampak pada menurunnya permintaan atau pesanan. Apa yang menyebabkan proses dan set up mesin yang belum efisien dan efektif sehingga membutuhkan waktu selama 32.53 jam. Untuk menjawab permasalahan tersebut, maka di butuhkan metode yang bisa mempercepat proses produksi. Metode tersebut adalah menggunakan teknik analisa network yaitu PERT dan metode SMED yang bisa mengoptimasi proses dan waktu set up mesin.

### 3. Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas dan mengakibatkan penelitian dilakukan tidak terpusat, maka dalam pengamatan ini diambil beberapa pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Analisa proses routing scheduling.  
Penulis membatasi 1 model yang akan menjadi objek penelitian yaitu Gear oil pum drive/SI-00172.
2. Untuk memaksimalkan hasil penelitian di sini untuk set-up machine yang akan di bahas untuk metode SMED adalah hanya pada machine compacting 100 ton.

### 4. Tujuan Penelitian

Dari tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui elemen-elemen kerja, kurun waktu yang dibutuhkan selama proses produksi.
2. Mengetahui jalur kritis dalam proses produksi, agar diketahui besar waktu penyelesaian dengan teknik PERT.
3. Melakukan percepatan pada proses set-up machine compacting dengan metode SMED.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Penjadwalan

Penjadwalan merupakan salah satu kegiatan yang penting dalam penentuan waktu dan urutan kegiatan produksi. Dengan adanya penjadwalan maka perusahaan akan mendapatkan gambaran mengenai kegiatan produksi yang akan dilaksanakan sehingga perusahaan akan dapat memperkirakan mengenai kebutuhan waktu penyelesaian produksi dan biaya yang dikeluarkan. Dengan begitu perusahaan akan dapat menghindari sedini mungkin apabila selama proses produksi terjadi penyimpangan dan kesalahan yang muncul serta kegiatan yang tidak sesuai rencana, sehingga dapat mengurangi resiko yang dapat merugikan perusahaan baik kerugian waktu ataupun biaya. Menurut Subagyo (2005:77) penjadwalan adalah suatu kegiatan penjadwalan kapan memulainya, berapa lama mengerjakannya setiap tahap kegiatan dan kapan selesainya. Menurut Soeharto (2001:263) Penjadwalan (*scheduling*) adalah pengaturan perincian yang diperlukan untuk melaksanakan rencana itu. Sedangkan menurut Render dan Heizer (2004:77) menyatakan bahwa penjadwalan proyek menetapkan jangka waktu tertentu kegiatan proyek yang harus diselesaikan.

### Pentingnya Penjadwalan Bagi Perusahaan

Perusahaan yang menerapkan penjadwalan mempunyai beberapa keuntungan antara lain: dengan penjadwalan dapat efektif, Perusahaan menggunakan assetnya dengan efektif dan menghasilkan investasi lebih besar yang akan mengurangi biaya. Penjadwalan menambah kapasitas dan fleksibilitas yang terkait memberikan waktu pengiriman yang lebih cepat dan dengan demikian pelayanan kepada pelanggan menjadi lebih baik. Keuntungan kompetitif dengan pengiriman yang bisa diandalkan (Render dan Heizer, 2001:456).

### **Tujuan Penjadwalan**

Menurut Subagyo (2003:170) aktivitas penjadwalan memiliki beberapa tujuan, antara lain :

1. Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu sehingga total waktu proses berkurang dan produktivitas dapat meningkat.
2. Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya masih mengerjakan tugas yang lain.
3. Mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi biaya keterlambatan.
4. Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindari.

### **Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam Penjadwalan**

Dalam membuat jadwal, kita harus memperhatikan beberapa faktor yang biasanya merupakan kendala dalam membuat jadwal. Faktor-faktor itu antara lain :

1. Kapasitas sarana dan prasarana  
Kapasitas sarana dan prasarana yang dimiliki suatu lembaga atau perusahaan biasanya memiliki kapasitas terbatas. Oleh karena itu dalam menyusun jadwal kita harus mengalokasikan kapasitas yang tersedia oleh pekerjaan-pekerjaan yang ada.
2. Permintaan  
Permintaan merupakan faktor yang tidak dapat dikuasai perusahaan, karena datang dari konsumen maka sesuai dengan kebutuhan konsumen. Oleh karena itu sebisa mungkin jadwal yang disusun disesuaikan dengan permintaan konsumen.
3. Bahan baku pembantu  
Bahan baku pembantu merupakan kebutuhan perusahaan untuk melaksanakan pembuatan barang / jasa yang akan diberikan kepada konsumen. Jika persediaan bahan baku terbatas maka terbatas pula jadwal yang kita buat, sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan konsumen.
4. Kapasitas SDM  
Kapasitas SDM biasanya juga merupakan pembatas terutama tenaga ahli. Tenaga ahli sulit ditambah jumlahnya, padahal kapasitas kerja mereka terbatas. Jika jumlah tenaga ahli terbatas sedangkan permintaan meningkat, perusahaan dapat melakukan variasi jumlah tenaga kerja.
5. Hari kerja  
Hari kerja yang kita miliki terbatas. Dalam setahun tidak sepenuhnya ada 365 hari karena ada hari minggu, hari libur dan hari-hari yang tidak sepenuhnya dapat bekerja 100%. Dalam membuat jadwal harus mempertimbangkan ini, jika perlu buat kalender produksi, yang hanya memuat hari-hari kerja saja sehingga jadwal produksi dapat disesuaikan dengan kalender tersebut.
6. Ketentuan teknis  
Ketentuan teknis adalah pembuatan barang secara teknis. Ketentuan ini tidak dapat dilanggar, harus diikuti agar pembuatan barang dapat dilaksanakan dengan baik.
7. Adanya order khusus  
Kadang-kadang kita sering menerima order khusus yang harus didahulukan dari order biasa. Hal tersebut sering mengganggu jadwal yang telah disusun untuk order biasa.
8. Adanya kendala biaya  
Dalam menjalankan kendala produksi perusahaan sering berhadapan dengan masalah ketersediaan dana yang digunakan untuk membiayai kegiatan produksi. Kendala biaya

tersebut biasanya berupa kenaikan biaya produksi yang disebabkan oleh kenaikan BBM, biaya tenaga kerja. (Subagyo,2000:167)

### **Metode Penjadwalan**

Berbagai teknik dapat diterapkan untuk penjadwalan. Teknik yang digunakan tergantung dari volume produksi, variasi produk, keadaan operasi, dan kompleksitas dari pekerjaan sendiri. Berdasarkan volume produksinya penjadwalan dibagi menjadi 3 :

#### 1. Penyeimbangan lini

Teknik penjadwalan penyeimbangan lini banyak digunakan dalam sistem volume tinggi (*mass production*). Teknik ini menekankan pada pengalokasian tugas-tugas kepada stasiun-stasiun kerja sehingga dapat keseimbangan waktu kerja diantara stasiun kerja tersebut.

#### 2. *Run-out time*

*Run-out time* adalah metode penjadwalan dengan pemrosesan sistem *batch* yang menunjukkan berapa lama suatu produk tertentu akan habis dari persediaan. Metode ini dipakai ketika sebuah fasilitas produksi dipergunakan secara bersama-sama untuk menghasilkan beberapa produk.

#### 3. Pengurutan (*Sequencing*)

Metode pengurutan banyak digunakan pada sistem volume produksi rendah. Penjadwalan dalam sistem volume produksi rendah diarahkan untuk menentukan bagaimana pembagian beban pekerjaan pada pusat-pusat kerja (*loading*) dan bagaimana urutan pekerjaannya. Secara umum, penjadwalan yang sering digunakan sebagai pedoman dan pengawasan produksi adalah model *Gantt Chart* dan PERT (*Program Evaluation and Review Technique*). Penjadwalan dengan bagan *Gantt* adalah suatu metode penentuan waktu kapan pekerjaan dimulai dan berakhir untuk berbagai kegiatan pada suatu stasiun kerja dengan menggunakan bantuan bagan. Metode penjadwalan terbagi menjadi dua yaitu non jaringan seperti *Gantt chart* dan jaringan seperti PERT. Metode penjadwalan untuk yang non jaringan seperti *Gantt chart* terbagi menjadi dua metode yaitu:

##### a. Penjadwalan maju

Penjadwalan memulai kegiatan seawal mungkin sehingga pekerjaan selesai sebelum batas waktu yang dijanjikan yang mengasumsikan bahwa pengadaan material dan operasi dimulai segera setelah pesanan diterima. Penjadwalan maju memiliki konsekuensi terjadinya akumulasi persediaan sampai hasil pekerjaan itu diperlukan pada pusat kerja berikutnya. Penjadwalan maju banyak digunakan dalam perusahaan dimana operasi dibuat berdasarkan pesanan dan pengiriman dilakukan segera setelah pekerjaan selesai.

##### b. Penjadwalan mundur

Berlawanan dengan penjadwalan maju, penjadwalan mundur memprioritaskan kegiatan operasi yang terakhir dijadwalkan, kemudian diikuti dijadwalkan kegiatan sebelumnya satu per satu secara mundur. Metode ini dapat meminimalkan persediaan karena pekerjaan baru selesai pada saat pekerjaan itu diperlukan pada stasiun kerja berikutnya. Namun metode ini memerlukan perencanaan waktu tenggang (*leadtime*) yang akurat, tidak terjadi *break down* selama proses.

Metode jaringan atau Analisis *network* merupakan salah satu metode untuk menyusun suatu perencanaan dan pengendalian suatu kegiatan. Metode ini merupakan suatu model yang dipergunakan dalam penyelenggaraan aktivitas-aktivitas untuk menghasilkan suatu barang. Menurut Render dan Heizer (2004:79) analisis *network* adalah suatu cara analisis produksi baik untuk analisis alur produk dan analisis waktu produksi

untuk melihat alur dan waktu produksi yang paling efisien dan efektif. Beberapa metode yang biasa digunakan dalam perhitungan waktu penyelesaian pekerjaan dengan analisis *network*:

### 1. PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

PERT merupakan teknik manajemen proyek yang menggunakan perkiraan waktu. Perkiraan waktu ini digunakan untuk menghitung nilai yang diharapkan dan penyimpangan standart untuk kegiatan tersebut (Render dan Heizer, 2004:40). Adapun komponen –komponen jaringan PERT menurut Render dan Heizer (2001:508) antara lain:

#### a. Kegiatan (*activity*)

Adalah bagian dari keseluruhan pekerjaan yang dilaksanakan / kegiatan mengkonsumsi waktu dan sumber daya serta mempunyai waktu mulai dan waktu berakhirnya kegiatan.

#### b. Peristiwa (*event*)

Adalah menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Biasanya peristiwa digambarkan dengan suatu lingkaran atau *nodes* dan juga diberi nomer dengan nomer-nomer yang lebih kecil bagi peristiwa-peristiwa yang mendahuluinya dan biasanya dihubungkan dengan menggunakan anak panah.

#### c. Waktu kegiatan (*activity time*)

Adalah suatu unsur yang merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang harus dilaksanakan. Waktu kegiatan dibagi dalam tiga estimasi waktu penyelesaian kegiatan yaitu:

- 1) Waktu optimis (a) adalah waktu yang digunakan untuk menyelesaikan aktivitas bila semuanya berjalan dengan lancar tanpa hambatan / penundaan.
- 2) Waktu realistik (m) adalah waktu yang paling tepat untuk menyelesaikan aktivitas.
- 3) Waktu pesimis (b) adalah waktu kegiatan bila terjadi hambatan atau penundaan melebihi seharusnya. Waktu kegiatan yang diperkirakan (t) dapat dihitung dengan rumus  $t = (a + 4(m) + b)/6$

#### d. Waktu mulai dan waktu berakhir

Waktu mulai dan waktu berakhir yang terdiri dari waktu mulai paling awal (ES), waktu mulai paling lambat (LS), waktu selesai paling awal (EF) dan waktu selesai paling lambat (LF).

#### e. Kegiatan semu (*Dummy*)

Yaitu suatu kegiatan yang tidak sebenarnya dan biasanya ditunjukkan dengan garis putus-putus.

### 2. CPM (*Critical Part Method*)

CPM adalah jalur tidak terputus melalui jaringan proyek yang mulai pada kegiatan pertama proyek kemudian berhenti pada kegiatan terakhir proyek dan hanya terdiri dari kegiatan kritis. Kegiatan kritis adalah kegiatan yang tidak mempunyai waktu *slanck* (Render dan Heizer, 2004:92). Menurut Render dan Heizer (2004:80) jalur kritis adalah jalur yang memiliki urutan waktu terpanjang atau yang paling lama dari semua jalur yang dimulai dari awal sampai akhir dari suatu proses. Identifikasi dalam proses jalur kritis dikenal beberapa terminologi dan rumusan-rumusan perhitungan yaitu:

- a). ES (*Early start*) merupakan waktu mulai paling awal dari suatu kegiatan.
- b). EF (*Early Finish*) merupakan waktu penyelesaian paling awal dari suatu pekerjaan.
- c). LS (*Late start*) merupakan waktu mulai paling akhir dari suatu pekerjaan.
- d). LF (*Late finish*) merupakan waktu paling akhir untuk menyelesaikan pekerjaan

### **Hubungan Penjadwalan dengan Proses Produksi**

Penjadwalan sebagai proses penugasan prioritas (waktu dan urutan produksi) untuk order manufaktur dan pengalokasian beban kerja pada pusat-pusat kerja tertentu sangat erat hubungannya dengan pengendalian kemajuan produksi (Nasution, 2003:173). Tujuan akhir dari suatu perusahaan adalah untuk memperoleh keuntungan dan pengembangan usaha. Supaya dalam mencapai tujuan tersebut perusahaan membuat perencanaan produksi dengan cara menyusun jadwal proses produksi. Dari jadwal proses produksi tersebut dapat diketahui bahan baku yang diperlukan, total waktu produksi serta pengalokasian beban kerja pada pusat-pusat kerja. Dengan demikian perusahaan juga dapat mengetahui berapa biaya yang diperlukan untuk proses produksi (biaya bahan baku, tenaga kerja, mesin) Dengan menggunakan jadwal produksi yang telah disusun perusahaan dapat melakukan pengendalian produksi, sehingga dapat terlihat ada tidaknya penyimpangan dalam pelaksanaan produksi. Apabila terdapat penyimpangan yang cukup besar, maka perlu diadakan tindakan-tindakan penyelesaian untuk memperbaiki penyimpangan yang terjadi. Dari hasil penyelesaian tersebut dapat dijadikan dasar dalam menyusun rencana produksi selanjutnya.

### **Set Up Mesin**

#### **Defenisi Set Up Mesin**

Waktu set up adalah waktu yang dibutuhkan dalam mempersiapkan sebuah mesin untuk melakukan suatu pekerjaan. Pengurangan waktu setup, selain bisa mengurangi order minimal, juga akan meningkatkan waktu produktif dari perusahaan tersebut. Operasi set up adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengubah hal-hal yang berkaitan dengan mesin sebagai akibat dari perubahan penggunaan mesin untuk memproduksi barang. Dalam manufakturing, waktu set up adalah selisih waktu antara unit terakhir yang diproduksi dalam sebuah lot sampai unit pertama lot berikutnya yang diproses. Aktifitas setup yang umumnya dilakukan di industri dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- Jenis 1: melakukan persiapan, pengecekan material, pengecekan peralatan sebelum proses setup berlangsung dan membersihkan mesin, membersihkan tempat kerja, mengecek dan mengembalikan peralatan, material, dan lain-lain setelah proses setup selesai.
- Jenis 2: memindahkan peralatan, parts, dan lain-lain setelah penyelesaian lot terakhir lalu menata parts, peralatan, dan lain-lain untuk sebelum lot selanjutnya.
- Jenis 3: mengukur, mensetting dan mengkalibrasi mesin, peralatan, fixtures dan part pada saat proses berlangsung.
- Jenis 4: memproduksi suatu produk contoh setelah setting awal selesai dan mengecek produk contoh tersebut apakah sesuai standar produk. Kemudian menyetel mesin dan memproduksi produk kembali dan seterusnya sampai menghasilkan produk yang sesuai standar. Sebagian besar set up dilakukan pada saat mesin berhenti atau mesin tidak beroperasi. Set up terdiri dari dua jenis, yaitu:
  1. Major set up, dimana set up dilakukan untuk menghasilkan bagian-bagian dari produk yang berbeda tipe.
  2. Minor set up, dimana set up dilakukan untuk menghasilkan bagian-bagian dalam produk yang memiliki kesamaan tipe.

### **Keuntungan dari Penyederhanaan Prosedur Set-up Mesin**

Adapun keuntungan dari penyederhanaan prosedur set up mesin antara lain:

a. Quality

Penyederhanaan prosedur set up dapat memperbaiki kualitas produk. Operator akan lebih sedikit melakukan kesalahan dalam operasi set up apabila prosedur set up yang diberikan lebih sederhana. Kesalahan set up berpotensi untuk menyebabkan kerusakan dalam setiap unit dalam satu batch. Dengan prosedur set up yang standar maka kegiatan trial and error dan inspeksi dapat dieliminasi sehingga dapat juga mereduksi waktu set up.

b. Costs

Prosedur set up yang sederhana dapat mengurangi jam kerja operator dan tingkat keahlian operator untuk set up dan dapat menghilangkan scrap yang dihasilkan. Akibatnya biaya yang berkaitan dengan set up dapat dikurangi.

c. Flexibility

Dengan waktu set up yang singkat, kegiatan manufacturing lebih fleksibel untuk menyesuaikan dengan perubahan permintaan.

d. Worker Utilization

Prosedur set up yang sederhana, tidak membutuhkan operator yang ahli dalam melakukan set up melainkan set up dapat dilakukan oleh operator peralatan. Hal ini dapat dilakukan untuk mengurangi idle time operator. Oleh karena itu, tenaga ahli set up hanya bekerja untuk kegiatan set up yang sulit atau untuk membuat prosedur yang lebih baik.

e. Capacity dan Lead time

Lead time dapat dikurangi karena kombinasi dari lot size yang kecil dan waktu yang terbuang untuk menunggu set up dapat dikurangi.

f. Process Variability

Apabila waktu yang digunakan untuk melakukan set up singkat, maka process variability dapat terjadi. Penggantian tools dan fixture adalah hal yang sangat berpengaruh pada waktu set up. Proses setup terdiri dari elemen internal dan elemen eksternal. Teknik SMED pada intinya adalah mengurangi semaksimal mungkin elemen internal. Oleh sebab itu, elemen setup internal semaksimal mungkin dirubah menjadi eksternal. Sementara itu, elemen internal, yang tidak bisa dirubah menjadi eksternal, diusahakan untuk diperpendek waktunya dengan memodifikasi elemen tersebut maupun dengan memakai alat bantu SMED (Single Minute of Exchange Die) adalah metodologi dasar yang digunakan untuk mereduksi waktu set up, dari hitungan jam menjadi kurang dari sepuluh menit. Metode SMED ini terdiri dari dua tahap, yakni :

1. Tahap Pertama

Membedakan set up internal dan set up eksternal. Operasi set up internal dilakukan saat mesin dalam keadaan tidak beroperasi sedangkan set up eksternal dilakukan saat mesin beroperasi. Berikut ini merupakan teknik-teknik yang efektif yang dapat digunakan untuk mengkategorikan suatu proses set up sebagai set up eksternal.

a. Menggunakan Daftar Cek (Checklist)

Buatlah sebuah daftar checklist dari semua part mesin dan langkah-langkah yang dibutuhkan dalam suatu operasi. Daftar ini berisi nama, spesifikasi, tekanan, temperatur, dimensi dan angka-angka numerik untuk semua jenis ukuran mesin.

b. Memeriksa Kinerja dan Fungsi Mesin

Berdasarkan checklist yang ada dapat ditentukan apakah keseluruhan part mesin tersebut masih dapat berfungsi atau tidak.

c. Memperbaiki Sistem Transportasi dan Part-part Lainnya

Dalam suatu proses produksi tentu terdapat part-part yang akan dipindahkan dari penyimpanan ke mesin produksi, dan part-part tersebut akan dikembalikan lagi ke bagian penyimpanan setelah satu lot produk telah diselesaikan. Kondisi ini akan mengakibatkan operator semakin sering melakukan transportasi saat mesin beroperasi. Oleh karena itu perlu diperbaiki sistem transportasi yang lebih efisien.

2. Tahap Kedua

Mengkonversikan set up internal menjadi set up eksternal. Dengan melakukan konversi set up internal menjadi set up eksternal akan mampu mereduksi waktu set up hingga 30%-50%. Tahap-tahap yang dilakukan dalam mengkonversikan set up internal menjadi set up eksternal ini antara lain :

a. Mempersiapkan Kondisi Operasional yang Baik

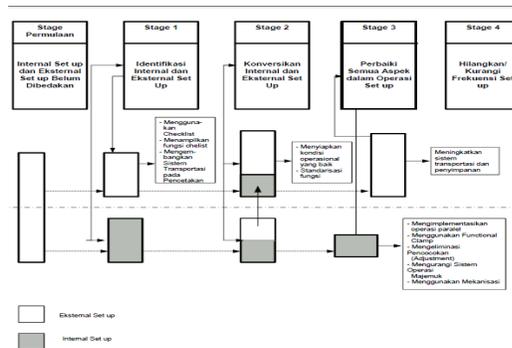
Hal ini dapat ditempuh dengan cara melakukan uji coba pemanasan terhadap mesin pengecoran dan melakukan pemanasan awal.

b. Melakukan Standarisasi Fungsi

Hal ini dilakukan dengan menstandarisasi ukuran maupun dimensi semua part-part mesin dan tool-tool yang digunakan, terutama yang berhubungan dengan operasi set up. Untuk mengimplementasikan standarisasi fungsi ini, fungsi individual tiap part harus dianalisis satu persatu, engineer harus memilih part mana saja yang harus distandarisasi.

3. Tahap Ketiga

Memperbaiki semua aspek dalam operasi set up. Meskipun demikian waktu reduksi dengan mengkonversikan setup internal menjadi set up eksternal, ada banyak faktor lain yang bisa mempengaruhi reduksi ini di sejumlah kasus set up. Oleh karena itu harus dilakukan upaya pembakuan untuk mengefisienkan prosedur-prosedur dasar dalam operasi set up internal maupun eksternal. Jadi tahap ketiga ini merupakan analisis dari masing-masing operasi dasar sebelumnya. Pada sejumlah perusahaan, prosedur yang baku untuk suatu proses set up yang umum dilakukan telah ditetapkan dan diterapkan. Untuk set up yang jarang dilakukan, proses set up dilakukan berdasarkan keahlian dan kemampuan operatornya.



**Gambar 1** Konsep Langkah SMED dalam Mereduksi Waktu Set up

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa tiap langkah SMED dapat diaplikasikan dengan mengacu langsung pada teknik-teknik perbaikan yang sederhana, seperti penggunaan peralatan set up.

**Manfaat Aplikasi Metode SMED**

Adapun manfaat yang diperoleh dalam menerapkan metode SMED ini, antara lain :

1. Reduksi Waktu Set Up

Ketika pertama kali SMED dikembangkan pada sekitar tahun 1975 terbukti bahwa metode ini mampu mengurangi waktu set up mesin. Dalam sepuluh tahun terakhir ini, reduksi waktu semakin tinggi menjadi rata-rata 2 ½ % dari waktu seharusnya. Tabel 3.1 berikut ini menunjukkan lamanya waktu set up yang berhasil direduksi dengan menggunakan metode SMED di sejumlah perusahaan-perusahaan terkemuka.

Tabel.1 Reduksi Waktu yang Berhasil Diterapkan dengan SMED

No	Perusahaan	Kapasitas (dalam ton)	Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
1	K Auto	500 t-3 mesin	1 jam 30 mnt	4 mnt 51 dtk
2	S Auto	300 t-3 mesin	1 jam 40 mnt	7 mnt 36 dtk
3	D Auto	150 t	1 jam 30 mnt	8 mnt 24 dtk
4	K Industries	100 t	1 jam 30 mnt	3 mnt 20 dtk
5	S Metals	100 t	40 mnt	2 mnt 26 dtk
6	A Steel	100 t	30 mnt	2 mnt 1 dtk
7	M Metals	100 t	1 jam 30 mnt	5 mnt 30 dtk
8	T Manufacturing	80 t	4 jam 0 mnt	4 mnt 18 dtk
9	H Engineering	50 t	40 mnt	2 mnt 40 dtk
10	Y Industries	30 t	30 mnt	2 mnt 27 dtk
11	M Electric	50 t	40 mnt	2 mnt 40 dtk
12	H Press	30 t	50 mnt	48 dtk
13	H Engineering	50 t	40 mnt	2 mnt 40 dtk
14	S Industries	150 t	1 jam 40 mnt	4 mnt 36 dtk
15	TM Manufacturing	140 ons	6 jam 40 mnt	7 mnt 36 dtk
16	N Rubber	100 ons	1 jam 50 mnt	4 mnt 36 dtk
17	N Chemicals	20 ons	40 mnt	3 mnt 45 dtk
18	D Plastics	10 ons	50 mnt	2 mnt 26 dtk
19	GA Electric	10 ons	50 mnt	6 mnt 46 dtk
20	T Die Casting	250 t	50 mnt	6 mnt 24 dtk

2. Mengurangi Persediaan Produksi

Sistem SMED memungkinkan diversitas produk yang tinggi, lot produksi yang kecil dan tinglat persediaan minimal. Dengan demikian ketika suatu sistem produksi mampu meminimalisir persediaan maka dapat diharapkan:

- Peningkatan tingkat pengembalian modal
- Pengurangan persediaan sehingga penggunaan area pabrik menjadi lebih efisien
- Peningkatan produktivitas
- Pengeliminasian persediaan yang tidak dibutuhkan dalam proses produksi
- Pereduksian persediaan karena mampu memproduksi berbagai jenis produk dalam satu produksi yang sama.

3. Meningkatkan Rata-rata Kerja Mesin dan Kapasitas Produksi

Jika waktu set up telah menurun secara drastis, maka tingkat kerja mesin akan meningkat dan produktivitas juga meningkat meskipun operasi set up mesin semakin sering dilakukan.

4. Mengeliminasi Kesalahan Set up

Dengan SMED kesalahan set up mesin dapat dikurangi dan akan mengurangi cacat produksi. Seperti yang diterapkan di Perusahaan Matsushita Electric untuk memproduksi mesin cuci merk “National”. Aplikasi SMED di perusahaan diterapkan dengan mengubah ukuran blade kumparan pada mesin bubut. Prosedur penyetelan yang cukup sulit sebelumnya diterapkan untuk mengatur dan mengubah ukuran blade dan ujung blade sering menyebabkan timbulnya kesalahan penyetelan sehingga ukuran blade sering salah dan cacat. Kondisi penjepitan mesin bubut ini juga menyebabkan proses penyesuaiannya menjadi sulit dan boros waktu. Untuk mengatasi masalah itu diterapkanlah metode SMED untuk mempersingkat waktu pengubahan ukuran blade dan menghilangkan kecacatan dengan cara berikut. Sebelum program perbaikan SMED diterapkan, ujung blade diubah di dalam mesin lalu penyetelan ukuran dilakukan disana. Pada prosedur yang baru, pegangan dipindahkan dari mesin bubut dan ujung blade diubah di luar mesin dengan bantuan meteran. Prosedur yang baru ini menghasilkan perbaikan yang cukup baik, yakni berhasil mempersingkat waktu yang dibutuhkan untuk mengubah dan menyetel ujung blade dari 15 jam hingga menjadi 5 menit saja, dan ukuran kecacatan berkurang dari 30 menjadi nol. Sementara investasi untuk perbaikan prosedur ini keseluruhan hanya membutuhkan biaya ¥ 15.000 (\$62).

5. Meningkatkan Kualitas

Kualitas produk juga akan meningkat karena kondisi operasional mesin secara teratur diperbaiki.

6. Meningkatkan Keamanan Kerja

Operasi set up yang sederhana akan menghasilkan operasi mesin yang aman pula.

7. Menyederhanakan Penggunaan Alat

Standarisasi terhadap sejumlah peralatan yang digunakan akan mengurangi jumlah peralatan yang dibutuhkan. Adapun aplikasi SMED dalam menyederhanakan penggunaan alat ini dilakukan di Pabrik Sakai, Kubota Ltd. SMED diterapkan pada lintasan proses permesinan. Mengurangi Waktu Set Up Total waktu set up – termasuk set up internal maupun eksternal dapat direduksi.

8. Mengurangi Biaya Produksi

Dengan mengimplementasikan metode SMED akan meningkatkan efisiensi biaya investasi dengan meningkatkan produktivitas mesin berbiaya rendah. Di Jepang biaya set up bisa dikurangi hingga 30.000 – 50.000 yen. Seperti misalnya perbaikan set up yang dilakukan di Perusahaan Toyota. Kompetisi industri meningkat pesat dan memanas, tidak ada jalan lain untuk bertahan kecuali dengan menawarkan produk berbiaya rendah

dengan kualitas tinggi. Pada tahun 1969 Toyota Motor Corporation telah berupaya untuk mempersingkat waktu set up peralatan kurang dari 9 menit, reduksi ini berhasil diterapkan pada mesin cetakan injeksi di bawah kepemimpinan Shigeo Singo pada tahun 1972. Selain itu juga diterapkan metode SMED untuk mesin fitting. Adapun target dari proses ini terdiri dari satu lintasan produksi yang terotomasi. Masalah yang muncul dalam proses set up ini dapat diilustrasikan sebagai berikut. Proses 1, 2, 4 dan 5 masing-masing membutuhkan waktu kurang dari 10 detik, namun pada proses 3, pengeboran tunggal membutuhkan waktu 10 detik. Hal ini pada akhirnya akan menimbulkan bottleneck di sepanjang lintasan produksi. Untuk memecahkan masalah ini, maka perbaikan difokuskan pada rata-rata perpindahan material sejak dari awal perubahan set up dilakukan. Hal ini dilakukan dengan:

- Mengurangi jumlah pengikat baut
  - Mengubah formasi lintasan produksi secara keseluruhan
  - Memutuskan apakah posisi blade bisa dipindahkan menjadi set up eksternal atau tidak.
- Dalam melakukan perbaikan set up, biaya total dapat direduksi dan dihemat sehingga rata-rata peningkatan produksi cukup signifikan.

9. Memudahkan Preferensi Operator

Dengan mengadopsi sistem SMED kebutuhan akan operator akan lebih cepat dan sederhana. Misalnya seperti yang terjadi di pabrik Citroen, Prancis yang memproduksi roda gigi helikopter. Di sini kebutuhan akan operator yang ahli bisa dieliminasi sebab dengan menggunakan SMED ini operator yang tidak ahli sekalipun dapat melakukan set up mesin secara benar dengan hanya dalam waktu 7 menit 38 detik yang mana operasi sebelumnya membutuhkan tenaga ahli khusus yang menyita waktu hingga 1,5 jam untuk melakukan set up satu mesin saja.

10. Mereduksi Waktu Produksi

Waktu total produksi dapat direduksi dengan cara mengeliminasi waktu menunggu tiap mesin untuk memproses, mengeliminasi waktu menunggu untuk lot produksi dan dengan memproduksi lot dalam jumlah kecil. Akibat singkatnya waktu total produksi maka pabrik akan lebih fleksibel dalam merespon permintaan konsumen. Penyebab delay terbesar dalam suatu proses produksi adalah bukan karena proses inspeksi ataupun transportasi yang dilakukan di tiap proses, namun dikarenakan oleh tingginya waktu yang dibutuhkan oleh suatu material menunggu untuk diproses. Rasio waktu untuk memproses dengan waktu menunggu untuk diproses biasanya mengikuti perbandingan berikut :

Tabel 2 Rasio Waktu Untuk Memproses dengan Waktu Menunggu Untuk Diproses

Kegiatan	Rasio	
	Menunggu untuk Diproses (menit)	Pemrosesan (menit)
1	60	40
2	80	20

Jika waktu menunggu bisa dieliminasi, maka waktu produksi bisa direduksi hingga 2/5 dari waktu normalnya. Hal ini bisa dicapai dengan melakukan standarisasi yang baik pada kuantitas proses dan waktu prosesnya yakni dengan menyamakan jumlah unit yang diproses di masing-masing operasi dan dengan menyamakan waktu proses untuk masing-masing operasi. Standarisasi kuantitas proses ini bisa dicapai dengan mudah, masalahnya

adalah bagaimana menstandarisasi waktu proses. Hal ini disebabkan oleh karena mesin yang digunakan untuk operasi-operasi tunggal tidak memiliki kapasitas yang sama. Standarisasi waktu proses tampaknya sulit untuk dicapai, sebagai contoh, kapasitas produksi harian dari mesin A digunakan untuk proses 1 sebanyak 3000 item, sementara mesin B digunakan untuk proses 2 yang kapasitasnya hanya 2500 item. Dalam situasi seperti ini, ada kecenderungan untuk menyeimbangkan keluaran dengan melakukan set up mesin B yang lain.

### **Pengukuran Waktu Kerja dengan Jam Henti**

Pengukuran waktu dengan menggunakan jam henti (stop-watch time study) merupakan cara yang paling banyak dikenal, dan karenanya banyak dipakai. Pengukuran waktu kerja dengan jam henti (stop-watch time study) diperkenalkan pertama kali oleh Frederick W. Taylor. Metode ini sesuai diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan yang berlangsung singkat dan berulang-ulang (repetitive). Adapun alat untuk mengukur waktu kerja ini adalah stopwatch. Dari hasil pengukuran maka akan diperoleh waktu baku untuk menyelesaikan suatu siklus pekerjaan, dan waktu ini akan dipergunakan sebagai waktu standar penyelesaian pekerjaan bagi semua pekerja yang akan melaksanakan pekerjaan yang sama seperti itu. Ada beberapa aturan pengukuran untuk mendapatkan hasil yang baik, yaitu yang dapat dipertanggung jawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan beberapa kali pengukuran dengan menggunakan jam henti, secara garis besar langkah-langkah untuk melaksanakan pengukuran waktu kerja dengan jam henti antara lain :

- a. Tujuan melakukan kegiatan harus ditetapkan lebih dahulu, defenisikan pekerjaan yang akan diteliti untuk diukur waktunya dan beritahukan maksud dan tujuan pengukuran ini kepada pekerja yang dipilih untuk diamati dan supervisor yang ada.
- b. Pengukuran waktu yang pantas diberikan kepada pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, dan catat semua informasi yang berkaitan dengan erat dengan penyelesaian seperti layout, karakteristik/spesifikasi mesin atau peralatan kerja lain yang digunakan.
- c. Bagi operasi kerja dalam elemen-elemen kerja sedetail-detailnya tetapi masih dalam batas-batas kemudahan untuk pengukuran waktunya.
- d. Memilih operator, amati, ukur dan catat waktu yang dibutuhkan oleh operator untuk menyelesaikan elemen-elemen kerja tersebut.
- e. Tetapkan jumlah siklus kerja yang harus diukur dan dicatat.
- f. Tetapkan rate of performance dari operator saat melakukan aktivitas kerja yang ditunjukkan oleh operator tersebut sehingga akhirnya akan diperoleh waktu kerja normal.
- g. Sesuaikan waktu pengamatan berdasarkan performance kerja yang ditunjukkan oleh operator tersebut sehingga akhirnya akan diperoleh waktu kerja normal.
- h. Tetapkan allowance guna memberikan fleksibilitas bagi pekerja. Waktu longgar yang diberikan ini guna menghadapi kondisi-kondisi seperti kebutuhan personil yang bersifat pribadi, faktor kelelahan, keterlambatan material, dan sebagainya.
- i. Tetapkan waktu kerja baku (standard time) yaitu jumlah total antara waktu normal dan waktu longgar.

Berdasarkan langkah-langkah di atas, tampak bahwa pengukuran kerja dengan jam henti ini merupakan cara pengukuran yang obyektif sebab penetapan waktu ini berdasarkan fakta yang terjadi dan tidak diestimasi secara subyektif. Disini juga kan berlaku asumsi-asumsi dasar sebagai berikut :

- Metoda dan fasilitas untuk menyelesaikan pekerjaan harus sama dan dibakukan terlebih dahulu sebelum kita mengaplikasikan waktu baku ini untuk pekerjaan yang serupa.

- Operator harus memahami benar prosedur dan metode pelaksanaan kerja sebelum dilakukan pengukuran kerja. Operator-operator yang akan dibebani dengan waktu baku ini diasumsikan memiliki tingkat keterampilan dan kemampuan yang sama dan sesuai untuk pekerjaan tersebut. Untuk ini persyaratan mutlak pada waktu memilih operator yang akan dianalisa waktu kerjanya benar-benar memiliki tingkat kemampuan yang rata-rata.
- Kondisi lingkungan fisik pekerjaan juga relatif tidak jauh berbeda dengan kondisi fisik pada saat pengukuran kerja dilakukan.
- Performance kerja mampu dikendalikan pada tingkat yang sesuai untuk seluruh periode kerja yang ada. Pengukuran waktu adalah pekerjaan menganalalisa waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan.

Satu hal yang penting dalam pelaksanaan pengukuran kerja ini ialah bahwa semua pihak yang nantinya akan dipengaruhi oleh hasil studi (waktu baku) haruslah diinformasikan maksud dan tujuan dari studi, sehingga nantinya bisa tercapai kerja sama yang sebaik-baiknya di dalam pelaksanaan pengukuran. Asumsi-asumsi yang telah dinyatakan perlu sekali dibuat karena untuk beberapa kondisi secara nyata akan sulit untuk disamakan seperti halnya dengan tingkat keterampilan/kemampuan dari para pekerja.

Aktivitas pengukuran kerja dengan jam henti umumnya diaplikasikan pada industri manufaktur yang memiliki karakteristik kerja yang berulang-ulang, terspesifikasi jelas, dan menghasilkan output yang relatif sama. Meskipun demikian aktivitas ini bisa pula diaplikasikan untuk pekerjaan-pekerjaan non-manufaktur seperti yang bisa dijumpai dalam aktivitas kantor gudang atau jasa pelayanan lainnya asalkan kriteria-kriteria tersebut di bawah ini terpenuhi :

- Pekerjaan tersebut harus dilaksanakan secara repetitive dan seragam.
- Isi/macam pekerjaan itu harus homogen
- Hasil kerja (output) harus dapat dihitung secara nyata (kuantitatif) baik secara keseluruhan ataupun untuk tiap-tiap elemen kerja yang berlangsung.
- Pekerjaan tersebut cukup banyak dilaksanakan dan teratur sifatnya sehingga akan memadai untuk diukur dan dihitung waktu bakunya.

Nyatalah bahwa aktivitas stop-watch time study ini bisa dilaksanakan untuk berbagai macam/jenis pekerjaan baik yang bisa diklasifikasikan sebagai manufaktur job ataupun service jobs. Aktivitas pengukuran kerja sendiri tidak mungkin bisa dilaksanakan apabila dijumpai pekerjaan-pekerjaan yang tidak mempedulikan volume atau jumlah output yang ingin dihasilkan atau pekerjaan-pekerjaan yang menghasilkan output yang tidak mungkin untuk distandarkan seperti halnya dengan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat creative works (hasil seni, research, dan lain-lainnya)

### **Penetapan Waktu Longgar dan Waktu Baku Menentukan Kelonggaran (Allowance)**

Jumlah pengukuran yang cukup dan penyesuaian adalah suatu hal yang harus diingat dan harus menambah kelonggaran atas waktu normal yang telah didapat. Waktu normal untuk suatu elemen operasi kerja adalah untuk menunjukkan bahwa seorang operator yang berkualifikasi baik akan bekerja menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan/tempo kerja yang normal. Walaupun demikian pada prakteknya kita akan melihat bahwa tidaklah bisa diharapkan operator tersebut akan mampu bekerja secara terus-menerus sepanjang hari tanpa adanya interupsi sama sekali. Di sini kenyataannya operator akan sering menghentikan kerja dan membutuhkan waktu-waktu khusus untuk keperluan personal needs, istirahat melepas lelah, dan alasan-alasan lain yang di luar

kendalinya. Waktu longgar yang dibutuhkan dan akan menginterusi proses produksi ini bisa diklasifikasikan menjadi personal allowance, fatigue allowance, dan delay allowance. Waktu baku yang akan ditetapkan kelonggaran-kelonggaran (allowance) yang perlu. Dengan demikian maka waktu baku adalah sama dengan waktu normal kerja dengan waktu longgar. Kelonggaran diberikan untuk tiga hal yang terdiri atas 3 bagian, yaitu :

1. Kelonggaran Waktu Untuk Kebutuhan Personal (Personal Allowance)

Kebutuhan-kebutuhan ini merupakan kebutuhan yang mutlak, pada dasarnya setiap pekerja haruslah diberikan kelonggaran waktu untuk keperluan yang bersifat kebutuhan pribadi (personal needs). Jumlah waktu longgar untuk kebutuhan personal dapat ditetapkan dengan jalan melaksanakan aktivitas time study sehari kerja penuh atau dengan metoda sampling kerja. Untuk pekerjaan-pekerjaan yang relatif ringan, dimana operator bekerja selama 8 jam per hari tanpa jam istirahat yang resmi sekitar 2 sampai 5% (atau 10 sampai 24 menit) setiap hari akan dipergunakan untuk kebutuhan-kebutuhan yang bersifat personal ini. Meskipun jumlah waktu longgar untuk kebutuhan personal yang diperlukan ini akan bervariasi tergantung pada individu pekerjanya dibandingkan dengan jenis pekerjaan yang dilaksanakan, akan tetapi kenyataannya untuk pekerjaan-pekerjaan yang berat dan kondisi kerja yang tidak nyaman (terutama untuk temperatur tinggi) akan menyebabkan kebutuhan waktu untuk personal ini lebih besar lagi. Allowance untuk hal ini bisa lebih dari 5%.

2. Kelonggaran Waktu Untuk Melepaskan Lelah (Fatigue Allowance)

Rasa fatigue tercermin dari menurunnya hasil produksi baik jumlah maupun kualitas. Kelelahan fisik manusia bisa disebabkan oleh beberapa penyebab di antaranya adalah kerja yang membutuhkan pikiran banyak (lelah mental) dan kerja fisik. Masalah yang dihadapi untuk menetapkan jumlah waktu yang diizinkan untuk istirahat melepas lelah ini sangat sulit dan kompleks sekali. Di sini waktu yang dibutuhkan untuk keperluan istirahat akan sangat tergantung pada individu yang bersangkutan, interval waktu dari siklus kerja dimana pekerja akan memikul beban kerja secara penuh, kondisi lingkungan fisik pekerjaan dan faktor-faktor lainnya. Periode istirahat untuk melepas lelah – di luar istirahat makan siang dimana semua pekerja dalam suatu departemen tidak diijinkan untuk bekerja akan bisa menjawab permasalahan yang ada. Lama waktu periode istirahat dan frekwensi pengadaannya akan tergantung pada jenis pekerjaan yang ada tentunya. Barangkali yang paling umum dilakukan adalah memberikan satu kali periode istirahat pada pagi hari dan sekali lagi saat siang menjelang sore hari, lama waktu periode istirahat yang diberikan berkisar antara 5 sampai 15 menit. Pekerjaan-pekerjaan yang relatif ringan mungkin tidak memerlukan periode waktu istirahat.

Untuk pekerjaan-pekerjaan berat, problem kebutuhan istirahat untuk melepaskan lelah sudah banyak berkurang karena disini sudah mulai diaplikasikan penggunaan peralatan atau mesin yang serba mekanis dan otomatis secara besar-besaran, sehingga mengurangi peranan manusia. Sebagai konsekwensinya maka kebutuhan waktu longgar untuk istirahat melepaskan lelah ini dapat pula dihilangkan.

3. Kelonggaran Waktu Karena Keterlambatan-Keterlambatan (Delay Allowance)

Dalam melaksanakan pekerjaannya, pekerja tidak akan lepas dari berbagai hambatan, ada hambatan yang dapat dihindarkan dan ada juga hambatan yang tidak dapat dihindarkan karena berada diluar kekuasaan pekerja untuk mengendalikannya. Keterlambatan atau delay bisa disebabkan oleh faktor-faktor yang sulit untuk dihindarkan (unavoidable delay), tetapi bisa juga disebabkan oleh beberapa faktor yang sebenarnya masih bisa untuk dihindari. Keterlambatan yang terlalu besar/lama tidak akan dipertimbangkan sebagai dasar untuk menetapkan waktu baku. Untuk unavoidable delay ini terjadi dari saat ke saat yang umumnya disebabkan oleh mesin, operator,

ataupun hal-hal lain yang di luar kendali. Mesin dan peralatan kerja lainnya selalu diharapkan tetap pada kondisi siap pakai/kerja. Apabila terjadi kerusakan dan perbaikan berat terpaksa harus dilakukan, operator biasanya akan ditarik dari stasiun kerja ini sehingga delay yang terjadi akan dikeluarkan dari pertimbangan-pertimbangan untuk menetapkan waktu baku untuk proses kerja tersebut.

Untuk setiap keterlambatan yang masih dapat dihindarkan (avoidable delay) seharusnya dipertimbangkan sebagai tantangan dan sewajarnya dilakukan usaha-usaha keras untuk mengeliminir delay semacam ini. Macam dan lamanya keterlambatan untuk suatu aktivitas kerja dapat ditetapkan dengan teliti dengan melaksanakan aktivitas time study secara penuh ataupun bisa juga dengan kegiatan sampling kerja. Elemen-elemen kerja yang tidak masuk dalam siklus kerja akan tetapi merupakan bagian dari kerja/operasi secara keseluruhan tidak dianggap sebagai delay akan tetapi harus diamati dan diukur sebagaimana elemen-elemen kerja lainnya yang masih termasuk dalam siklus operasi.

### Perhitungan Waktu Baku

Waktu baku adalah waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja normal untuk bekerja secara wajar dalam sistem kerja yang terbaik. Penentuan waktu standar didasarkan pada pengukuran waktu untuk menyelesaikan pekerjaan yang disesuaikan dengan keadaan normal dan ditambah dengan kelonggaran yang diberikan. Waktu standar (waktu baku) dihitung dengan rumus :

$$W_s = W_n \times (1 + All) \quad (1)$$

Keterangan :

$W_s$  : Waktu baku

$W_n$  : Waktu normal

All : Allowance (Kelonggaran)

### Penetapan Jumlah Pengamatan

Cara penetapan dengan prosedur formulasi tersebut membutuhkan analisis perhitungan kuantitatif yang memerlukan waktu penyelesaian lama. Penetapan jumlah pengamatan yang dibutuhkan dalam aktivitas stop watch time study selama ini dikenal lewat formulasi-formulasi tertentu dengan mempertimbangkan tingkat kepercayaan (confidence level) dan derajat ketelitian (degree of accuracy/precision) yang diinginkan. Untuk itu diuraikan satu prosedur yang diintroduksi dan dikembangkan pertama kali oleh The Maytag Company, yang lebih sederhana, cepat dan tidak terlalu banyak menggunakan analisa kuantitatif yang diaplikasikan. Untuk membuat estimasi mengenai jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan, maka The Maytag Company telah mencoba memperkenalkan prosedur sebagai berikut :

1. Laksanakan pengamatan/pengukuran awal dari elemen kegiatan yang ingin diukur waktunya dengan ketentuan sebagai berikut :
  - a. 10 kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus sekitar 2 menit atau kurang.
  - b. 5 kali pengamatan untuk kegiatan yang berlangsung dalam siklus waktu yang lebih besar dari 2 menit.
2. Tentukan nilai range, yaitu perbedaan nilai terbesar (H) dan nilai terkecil (L) dari hasil pengamatan yang diperoleh.
3. Tentukan harga rata-rata (average) atau  $\mu$  yang merupakan jumlah hasil waktu (data) pengamatan yang diperoleh dibagi dengan banyaknya pengamatan (N) yang telah

dilaksanakan. Harga N di sini seperti yang telah ditetapkan sebelumnya berkisar antara 1 atau 10 kali pengamatan. Harga rata-rata tersebut secara kasar bisa didekati dengan cara menjumlahkan nilai data yang tertinggi dan data yang terendah dibagi dengan 2, atau  $(H + L)/2$ .

4. Tentukan nilai daripada range dibagi dengan harga rata-rata. Nilai tersebut bisa diformulasikan sebagai  $(R/\mu)$ .
5. Tentukan jumlah pengamatan yang diperlukan atau seharusnya dilaksanakan dengan menggunakan tabel 5.1 berikut. Cari nilai  $(R/\mu)$  yang sesuai dan kemudian dari kolom untuk sample size yang diambil (5 atau 10) akan bisa diketahui berapa jumlah pengamatan (N) yang diperlukan. Tabel tersebut berlaku untuk kondisi 95% confidence level dan 5% degree of accuracy.
6. Apabila harga  $(R/\mu)$  tidak bisa dijumpai persis sama seperti yang tertera dalam tabel yang ada, maka dalam hal ini bisa diambil harga yang paling mendekati. Berdasarkan nilai yang diketemukan, kemudian dilaksanakan evaluasi dan tambahan pengamatan bilamana ternyata hasil yang diperoleh lebih besar dari pengamatan yang telah dilaksanakan.

**Tabel 3** Jumlah Pengamatan yang Diperlukan (N) untuk 95% Confidence Level dan 5% Degree of Accuracy (Precision)

Indeks Pengukuran (R/μ)	Jumlah pengamatan (buah)		Indeks Pengukuran (R/μ)	Jumlah pengamatan (buah)		Indeks Pengukuran (R/μ)	Jumlah pengamatan (buah)	
	5	10		5	10		5	10
0,10	3	2	0,42	52	30	0,74	162	93
0,12	4	2	0,44	57	33	0,76	171	98
0,14	6	3	0,46	63	36	0,78	180	103
0,16	8	4	0,48	68	39	0,80	190	108
0,18	10	6	0,50	74	42	0,82	199	113
0,20	12	7	0,52	80	46	0,84	209	119
0,22	14	8	0,54	86	49	0,86	218	125
0,24	17	10	0,56	93	53	0,88	229	131
0,26	20	11	0,58	100	57	0,90	239	138
0,28	23	13	0,60	107	61	0,92	250	143
0,30	27	15	0,62	114	65	0,94	261	149
0,32	30	17	0,64	121	74	0,96	273	156
0,34	34	20	0,66	129	74	0,98	284	162
0,36	38	22	0,68	137	78	1,00	296	169
0,38	43	24	0,70	145	83			
0,40	47	27	0,72	153	88			

Sumber : The Maytag Company

Sumber : The Maytag Company

Keterangan :

R : Range (Data terbesar-data terkecil) , μ : harga rata-rata (average), R/μ: Indeks Pengukuran

**Uji Keseragaman Data**

Untuk menguji keseragaman data digunakan metode statistik dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Hitung rata-rata dari harga rata-rata subgroup dengan :

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{g} \tag{2}$$

Dimana g adalah jumlah subgroup yang terbentuk.

b. Hitung nilai standard deviasi dengan

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1} \quad (3)$$

c. Tentukan Batas Kendali Atas (BKA) dan Batas Kendali Bawah (BKB) dengan

$$\text{Batas Kendali Atas (BKA)} = \bar{x} + k\sigma$$

$$\text{Batas Kendali Bawah (BKB)} = \bar{x} - k\sigma$$

d. Plot grafik batas kendali yang diperoleh dengan menggunakan Peta Kendali.

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di PT. Sumiden Sintered Components Indonesia khususnya pada bagian produksi di mesin *compacting 100 ton*, yang berlokasi di Jl. Rotan Plot F27 No. 26 Delta Silicon 3 Lippo Cikarang Bekasi 17550 – Jawa barat. Penelitian dilakukan selama Bulan January 2015 - May 2015 dengan judul penelitian ” Otimasi Waktu/Proses Produksi di PT. Sumiden Sintered Component Indonesia Dengan Teknik Analisa Network/PERT dan Metode SMED.

### 3.2 Pengumpulan Data

Mesin/peralatan yang menjadi objek penelitian adalah pada mesin *compacting* di PT. Sumiden Sintered Components Indonesia yaitu pada mesin *compacting 100 Ton*. Karena mesin ini bersifat critical unit dimana ketika terjadi kerusakan pada mesin ini akan mengakibatkan terhentinya proses produksi pada proses selanjutnya dan di mesin ini juga sering terjadinya pergantian model. Untuk mendapatkan data dan informasi yang dibutuhkan, maka teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

#### Data langsung (data primer)

Adalah data yang diperoleh sendiri secara langsung dari sumber penelitian (perusahaan), data-data jenis ini berupa data *proses produksi dan lama penyelesaian*. Untuk mendapatkan data primer yang kongkrit dilakukan dengan cara sebagai berikut:

a) Study lapangan (*Field research*)

Yaitu cara untuk memperoleh data dengan mengadakan pengamatan dan pengumpulan data secara langsung dari obyek yang diteliti

b) Interview

Yaitu cara memperoleh data dengan mengadakan wawancara langsung dengan karyawan yang kiranya dapat memberikan informasi secara jelas dan terperinci mengenai data pendukung yang sedang teliti seperti persentasi perubahan jadwal selama produksi.

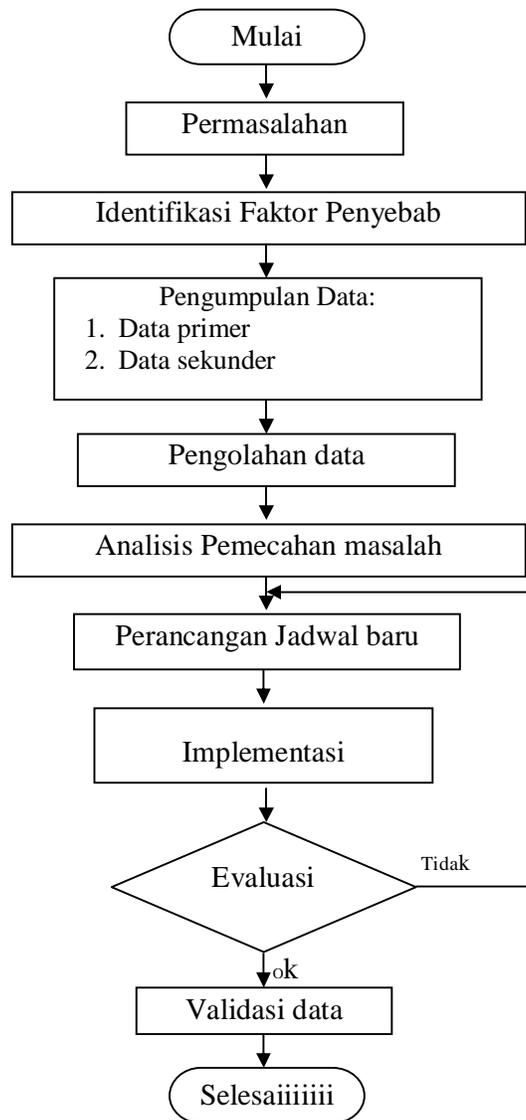
#### Data Tidak Langsung (Data Sekunder)

Yaitu jenis data yang di peroleh melalui membaca berbagai literatur-literatur dari perpustakaan atau sumber bacaan yang erat hubungannya dengan permasalahan yang penulis hadapi dalam penyusunan skripsi. Data ini akan menjadi landasan teoritis yang akan dipergunakan dalam memecahkan permasalahan yang dihadapi antara lain :

a. Buku petunjuk atau penuntun dan data set-up mesin *compacting 100 ton*

b. Struktur organisasi dan Literatur yang menunjang isi dari tugas akhir ini.

c. Sumber-sumber lain yang didapatkan pada saat pelaksanaan penelitian.



**Gambar 2** Metodologi Penelitian

### **Tahap Perancangan Penerapan Jadwal Perbaikan**

Penerapan perbaikan jadwal sebagai sistem baru bukanlah suatu hal yang bisa dilakukan dalam waktu singkat tetapi memerlukan waktu yang cukup untuk persiapannya maupun untuk memulai serta melaksanakan program-programnya. Untuk langkah langkah dalam pembuatan jadwal baru memerlukan tahap persiapan seperti:

- a. Tahap Persiapan.
- b. Tahap Penerapan.
- c. Tahap Stabilisasi.

Untuk tahap persiapan di perlukan data sebelumnya mengenai hasil setting mesin dari sebelumnya dan mulai membuat jadwal baru dengan menganalisa apa yang harus di perbaiki dengan adanya persetujuan dari management. Sedangkan untuk tahap penerapan, melaksanakan program penjadwalan yang baru ke lantai produksi dan di control setiap hari

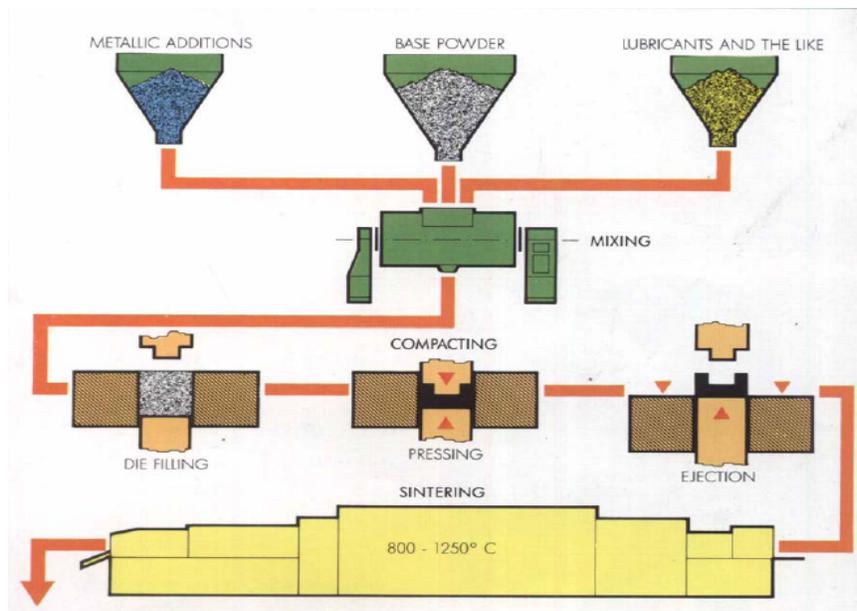
untuk melihat hasilnya. Untuk tahap yang ketiga adalah mengembangkan program penjadwalan baru dan menerapkannya di lantai produksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengumpulan Data

#### Kegiatan Produksi Perusahaan

Kegiatan usaha PT. SSI meliputi produksi berbagai macam barang berbahan dasar powder metal. Produk yang dihasilkan meliputi part automotive seperti *hub clutch*, *gear transmission*, Barang-barang produksi yang dihasilkan oleh PT SSI tidak dijual langsung ke pasar, tetapi barang-barang produksi tersebut dijual ke pemegang merk tunggal kendaraan bermotor seperti PT AHM, PT YIMM, TMMIN dan sebagainya. *Powder metallurgy* merupakan salah satu proses pembuatan part dengan menggunakan serbuk logam baik dengan satu unsur maupun beberapa unsur paduan. Prinsip ini adalah memadatkan campuran serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan dan kemudian memanaskannya di bawah temperatur leleh. Aktivitas produksi PT SSI dibagi ke dalam enam area kerja, yaitu



**Gambar 3** Main process of powder metallurgy

#### 1. Mixing

Mixing merupakan proses pencampuran serbuk besi dengan beberapa serbuk lainnya seperti serbuk nikel, tembaga, karbon atau nikel, dan pelumas dicampur bersama-sama dalam keadaan kering sebelum proses *compact* untuk menghasilkan campuran homogen dari bahan.

#### 2. Compacting

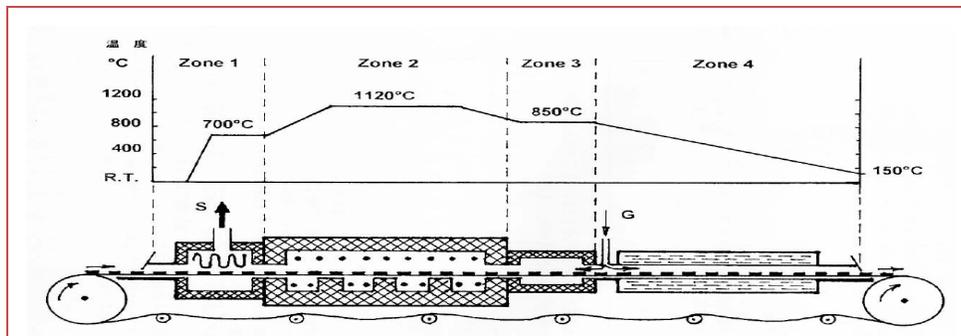
*Compacting* adalah salah satu cara untuk memadatkan serbuk menjadi bentuk yang diinginkan. Terdapat beberapa metode penekanan, diantaranya, penekanan dingin (*cold compacting*) dan penekanan panas (*hot compacting*). *Cold compacting* yaitu memadatkan

serbuk pada temperatur ruang dengan 100-900 Mpa untuk menghasilkan *green compact*. Proses *cold pressing* terdapat beberapa macam antara lain:

1. *Die Pressing*, yaitu penekanan yang dilakukan pada cetakan yang berisi serbuk.
2. *Cold isotactic pressing*, yaitu penekanan pada serbuk pada temperatur kamar yang memiliki tekanan yang sama dari setiap arah.
3. *Rolling*, yaitu penekanan pada serbukmetal dengan memakai *rolling mill* Penekanan terhadap serbuk dilakukan agar serbuk dapat menempel satu dengan lainnya sebelum ditingkatkan ikatannya dengan proses *sintering*.

### 3. Sintering

Sintering adalah proses pemanasan di bawah suhu leleh dan dalam bentuk padat (*Solid State*) untuk membentuk fase tertentu dan mengompakkan komposisi fase yang diinginkan. Sintering menyediakan energi panas untuk proses penyatuan antar partikel. Dengan perkataan lain, proses sinter menyebabkan bersatunya partikel sedemikian rupa sehingga kepadatan bertambah. Selama proses ini terbentuklah batas-batas butir, yang merupakan tahap rekristalisasi. Disamping itu gas yang ada menguap. Temperatur sinter umumnya berada pada 0.7-0.9 dari temperatur cair serbuk utama. Waktu pemanasan berbeda untuk jenis logam berlainan dan tidak diperoleh manfaat tambahan dengan diperpanjangnya waktu pemanasan.



**Gambar 4** Proses sintering

### 4. Sizing

Proses sizing adalah proses pembentukan part agar bentuk dan ukuran sesuai dengan standar drawing yang ada.

### 5. Selection dan Inspection

Proses Selection adalah proses dimana part tersebut sebelum di kirim harus melalui beberapa proses seperti appearance yaitu untuk mengecek produk tersebut untuk melihat permukaan produk tujuannya adalah untuk mengetahui apakah produk tersebut dent, scrat dan lain sebagainya kemudian proses Jig Go No Go untuk mengetahui jika Jig yang Go masuk berarti Ok jika sebaliknya berarti barang tersebut NG. Proses inspection yaitu proses pengujian/test sample part tujuannya untuk mengetahui produk itu OK sebelum produk itu di packing/di kirim ke kostumer.

### 6. Paking

Proses pengepakan produk sesuai dengan standar packing yang telah di sepakati oleh kostumer, yang selanjutnya di kirim ke warehouse untuk di kirim ke customer sesuai dengan jadwal yang di tentukan.

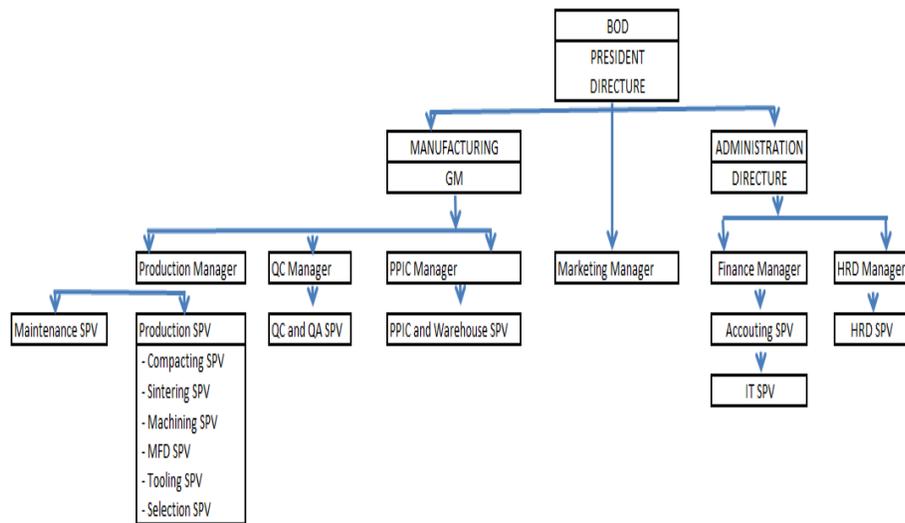
Usaha untuk mengantisipasi terjadinya keterlambatan penyelesaian kegiatan salah satunya adalah dengan menggunakan alat analisa jaringan kerja / analisa network dengan metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) yang merupakan suatu alat dalam penyusunan perencanaan, penjadwalan serta pengawasan penyelesaian produksi dengan waktu dan biaya yang efisien. Analisis network dapat menggambarkan jaringan kerja tertentu yang harus dijalankan dalam urutan tertentu dan dibatasi oleh waktu. Dengan demikian penyimpangan maupun kesalahan yang muncul serta kegiatan yang tidak sesuai dengan rencana dapat dilihat dan dihindari sedini mungkin, sehingga dapat mengurangi resiko yang dapat merugikan perusahaan. Dengan begitu dapat dilihat apakah kegiatan mengalami keterlambatan atau mendahului rencana yang telah ditentukan. Perusahaan nantinya dapat mengetahui jangka waktu efektif untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan, sehingga diketahui seberapa besar efisiensi waktu, tenaga kerja, bahan, alat, dan biaya yang dibutuhkan untuk penyelesaian kegiatan produksi.

### **Penetapan Area dan Stasiun Kerja**

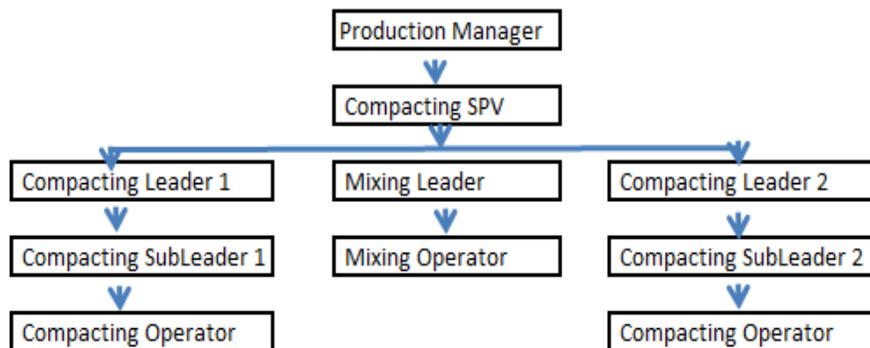
Seluruh mesin produksi yang digunakan oleh perusahaan merupakan bagian yang sangat penting nilainya bagi perusahaan. Fasilitas-fasilitas produksi dapat digolongkan sebagai *critical unit* apabila kerusakan mesin menyebabkan kemacetan seluruh proses produksi. Kemacetan proses produksi mengakibatkan waktu efektif untuk produksi menjadi berkurang, sehingga waktu yang terbuang karena kerusakan mesin tersebut dikategorikan sebagai *downtime*. *Line compacting* dapat dikategorikan sebagai area kerja kritis. Hal ini dikarenakan *Line compacting* memiliki peranan yang sangat penting dalam proses produksi di PT SSI. Kegiatan di *line compacting* memiliki keterkaitan dengan line sintering, sehingga apabila kegiatan produksi di *line compacting* stop, maka dapat dipastikan kegiatan produksi di *line sintering* juga mengalami hambatan. Keterkaitan ini terlihat dari barang yang di produksi oleh *line compacting* merupakan barang setengah jadi yang harus diproses selanjutnya di *line sintering*. Proses sintering yang dilakukan di *line sintering* tidak akan berjalan apabila tidak ada stok barang dari *line compacting*.

### **Struktur Organisasi bagian Compacting dari Perusahaan PT. SSI**

Bagian Compacting secara struktur adalah bagian dari Perusahaan PT. SSI dalam kaitannya bagian tersebut yang akan di bahas dalam set-up mesin. Berikut adalah gambar struktur organisasinya.



**Gambar 5.** Structur Organisasi Perusahaan



**Gambar 6.** Structur Organisasi bagian Compacting

Berikut gambaran masing-masing posisi di bagian compacting:

1. - Production Manager:
  - a. Memberi perintah terkait tugas compacting
  - b. Mengkoordinasi manpower
  - c. Memberi keputusan terkait hasil atau proses produksi
2. - Compacting Supervisor:
  - a. Memberi tugas ke bagian leader terkait tugas compacting
  - b. Mengawasi dan mengontrol schedule compacting dari PPIC agar yang mencapai target yang telah di sepakati
  - b. Koordinasi manpower
3. - Leader Compacting
  - a. Menjalankan tugas dari compacting supervisor
  - b. Sebagai set man/ set up mesin jika set man tidak masuk
  - c. Mengawasi jalanya produksi
  - d. Melakukan hatsumono
  - e. Melakukan test crack produk di MFD

4. - Sub leader/Set man
  - a. Menjalankan tugas dari atasan/leader
  - b. Melakukan pergantian mal/set-up mesin
5. - Mixing Leader
  - a. Mixer/Membuat pencampuran bahan untuk compacting sesuai dengan schedule dan formula yang telah ada.
  - b. Mengontrol bahan
6. - Operator
  - a. Menjalankan proses produksi sesuai perintah atasan
  - b. Satu mesin satu orang

**Pengolahan Data**

**Elemen Kerja dan Waktu yang di Butuhkan Selama Proses Produksi dan Lama Penyelesaian**

a. Penentuan kapasitas produksi

Kapasitas produksi menjadi sangat penting bagi perusahaan dalam rangka mengukur tingkat kemampuan dalam memproduksi sejumlah unit. Ini dapat dijadikan dasar bagi perusahaan untuk kebijakan-kebijakan dalam kesanggupan menerima pesanan. Dalam menyelesaikan proses produksi. Setelah diadakan penelitian di peroleh bahwa untuk menyelesaikan proses produksi dengan model Gear oil pum drive/SI-00172, perusahaan menetapkan waktu 5 hari. Selama ini perusahaan menetapkan 6 hari kerja bagi karyawan dalam 1 minggu dengan 9 jam kerja (8.3 jam kerja dan 90 menit istirahat) selama sehari. waktu lembur di sesuaikan dengan jumlah pesanan yang di terima oleh perusahaan.

b. Element kerja dan waktu penyelesaian

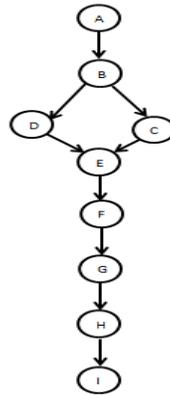
Dari hasil pengamatan penyelesaian produk dapat di buat urutan kerja yang memberikan petunjuk yang lengkap tentang cara pelaksanaan suatu proses produksi, yang dapat di lihat pada table di bawah ini.

Tabel 4. Elemen Kerja dan Waktu Penyelesaian Kerja

Model SI-00172 lot size= 3600 pcs			
NO	Kegiatan	Simbol	Waktu kerja (Jam)
1	Persiapan bahan baku	A	0.45
2	Persiapan Alat (mixer)	B	1.5
3	Persiapan Alat (mesin)	C	10.58
4	Mixing bahan baku	D	2
5	Compacting	E	6
6	Sintering	F	3
7	Sizing	G	5
8	Selection dan Inspection (QC final)	H	3
9	Packing	I	1
	Jumlah		32.53

c. Routing pekerjaan

*Routing* pekerjaan ini merupakan usaha untuk menentukan urutan-urutan kegiatan yang akan dilalui, di mulai dari persiapan bahan baku hingga produk selesai dikerjakan dan kemudian di *packing* . Dalam proses produksi untuk model SI-00172 dapat di lihat pada gambar berikut.



**Gambar 6** Routing Proses Produksi

**Keterangan:**

- A. Persiapan bahan baku
- B. Persiapan Alat (Mixer)
- C. Persiapan Set-up mesin
- D. Mixing
- E. Compacting
- F. Sintering dan oil dipping.
- G. Sizing
- H. Selection dan Inspection
- I. Packing

**Pengukuran Waktu dan Penentuan Waktu Kegiatan**

Untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan baik secara keseluruhan dalam proses produksi untuk model SI-00172, penyelidikan waktu ini di harapkan dapat di tentukan beberapa besar waktu normal, waktu cadangan dan waktu standart yang di butuhkan sehingga dapat melengkapi data waktu dalam diagram network yang akan di susun melalui pengamatan aliran kegiatan proses produksi. perlu di perhatikan dalam penyelidikan waktu adalah waktu pekerjaan tiap kegiatan, waktu cadangan yang di berikan perusahaan selama proses produksi berlangsung. Analisis PERT menggunakan 3 estimasi waktu yaitu waktu optimis, waktu realistis dan waktu pesimis. Adapaun waktu penyelesaian untuk masing masing elemen pekerjaan adalah di tabel sebagai berikut

Tabel 5. Urutan Kegiatan Set-up mesin Loading Dieset

NO	Kegiatan	Simbol	Waktu kerja (Jam)			ET
			A	M	B	
1	Persiapan bahan baku	A(1-2)	0.25	0.45	1.5	0.6
2	Persiapan Alat (mixer)	B(2-3)	1	1.5	2.5	1.6
3	Persiapan Alat set up (mesin)	C(3-5)	9	10.58	12	10.6
4	Mixing bahan baku	D(2-4)	1	2	3	2.0
5	Compacting	E(4-5)	5	6	7	6.0
6	Sintering	F(5-6)	2	3	4	3.0
7	Sizing	G(6-7)	4	5	6	5.0
8	selection dan Inspection (QC final)	H(7-8)	3	3	4	3.2
9	Packing	I(8-9)	1	1	2	1.2
	Jumlah		26.25	32.53	42	33.1

Untuk mendapatkan waktu yang di harapkan (ET) dapat di cari menggunakan metode PERT, dengan rumus sebagai berikut

$$ET = ((a + (4 \times M) + b) / 6) \tag{4}$$

Dimana

ET : Waktu yang di harapkan

a : Waktu optimis, waktu kegiatan bila semua berjalan dengan baik tanpa hambatan.

M : Waktu realistis, waktu kegiatan yang terjadi bila suatu kegiatan di laksanakan dalam kondisi normal

b : Waktu pesimis, waktu kegiatan bila terjadi hambatan/penundaan lebih dari semestinya.

Adapun perhitungan waktu yang di harapkan (ET) masing masing pekerjaan/kegiatan adalah sebagai berikut

1.  $ET = ((0.45 + (4 \times 0.45) + 1.5) / 6) = 0.6$
2.  $ET = ((0.40 + (4 \times 0.50) + 1.7) / 6) = 1.6$
3.  $ET = ((0.30 + (4 \times 45) + 1) / 6) = 10.6$
4.  $ET = ((1 + (4 \times 2) + 3) / 6) = 2$
5.  $ET = ((3 + (4 \times 3.75) + 4.5) / 6) = 6$
6.  $ET = ((2 + (4 \times 2) + 3) / 6) = 3$
7.  $ET = ((4 + (4 \times 5) + 6) / 6) = 5$
8.  $ET = ((1 + (4 \times 2) + 3) / 6) = 3.2$
9.  $ET = ((3 + (4 \times 4) + 5) / 6) = 1.2$

Adapun untuk data set-up mesin di compacting adalah sebagai berikut berdasarkan hasil interview dan data actual set-up mesin compacting.

Tabel 6. Kegiatan dan Waktu Kerja Penyelesaian

<b>Loading dieset (Bawa masuk).</b>	Lokasi	Waktu(menit)
1. Membersihkan dieset/mal jantan yang lama dengan kain pembersih	Mesin	35
2. Memindahkan dieset yang lama ke mesin untuk di masukan/setting	Mesin	45
3. Angkat Die set dan letakkan pada dieset line mesin (pastikan memasang kamashi	Mesin	25
4. Pasang kamashi antara base plate dan die plate kemudian dorong dieset kedepan sampai menyentuh stoper die set.	Mesin	25
5. Ubah tombol die set clamp pada posisi ON.	Mesin	3
6. Ubah tombol hold down pada posisi down, kemudian pasang clamp up.punch plate.	Mesin	3
7. Kembalikan tombol hold down pada posisi UP.	Mesin	3
8. Ambil semua Kamashi yang ada pada die set (pastikan tidak ada kamashi tertinggal).	Mesin	25
9. Letakkan feeder pada die set kemudian pasang hose powder pada feeder.	Mesin	25
10. Ubah tombol feeder motion pada posisi neutral, kemudian ON kan tombol feeder cup clamp	Mesin	3
	Total	192
<b>Setting Produk</b>	Lokasi	Waktu(menit)
1. Masukkan data Setting produksi terakhir kemudian lakukan setting produk	Mesin	25
2. Hatsumono	QC room	35
3. Chek Crack di MFD Proses	MFD proses	45
4. Waiting jugement	MFD	45

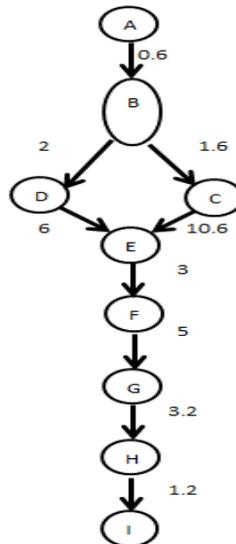
dari qc manager	proses	
5. Membersihkan peralatan/5 S	Mesin	35
	Total	185
	Total setting	635

Dari hasil pengumpulan data tersebut untuk setting-up mesin di compacting membutuhkan total waktu adalah 635 menit.

**9. Analisa hasil dan Pembahasan**

**Menentukan Jalur Kritis Penyelesaian Pekerjaan**

Adapun jalur-jalur dari diagram network PERT gambar adalah:



**Gambar 7.** Network PERT

Tabel 7. Jalur Kegiatan Pada Gambar Diagram Network

No	Jalur kegiatan	waktu (Jam)
1	A-B-C-E-F-G-H-I	31.06
2	A-B-D-E-F-G-H-I	22.51

Berdasarkan tabel diatas terdapat 2 jalur kegiatan yaitu

A-B-C-E-F-G-H-I

$(0.6+1.6+10.6+6+3+5+3.2+1.2)$

Dengan jumlah waktu 31.06 jam

A-B-D-E-F-G-H-I

$(0.6+1.6+2+6+3+5+3.2+1.2)$

Dengan jumlah waktu 22.51 jam

Jadi jalur kritisnya adalah A-B-C-E-F-G-H-I karena jumlah waktunya paling banyak. Jalur kritis adalah jalur terpanjang yang menentukan jangka waktu penyelesaian produksi.

**Mengidentifikasi Jalur Kritis dengan Metode Algoritma**

Setelah diagram network di buat dapat di tentukan jalur kritis melalui identifikasi peristiwa peristiwa yang di hubungkan oleh kegiatan kegiatan dengan waktu longgar nol atau  $EF=LF$  untuk mengetahui waktu paling akhir dalam memulai maupun mengakhiri (LS dan LF), dimana :

- ES : (early start) waktu mulai aktifitas paling awal
- LS : (late start) waktu mulai aktifitas paling akhir
- EF : (early finish) waktu penyelesaian aktifitas paling awal
- LF : (late finish) waktu penyelesaian aktifitas paling akhir
- S : Slack, waktu mundur aktifitas

Untuk menghitung ES, LS dan S dengan rumus sebagai berikut

$EF = ES + t$

$LF = LS + t -$

$S = LS - ES$  atau  $S = LF - EF$

Tabel 8. Kegiatan dan waktu Kerja penyelesaian ES, EF, LS dan LF

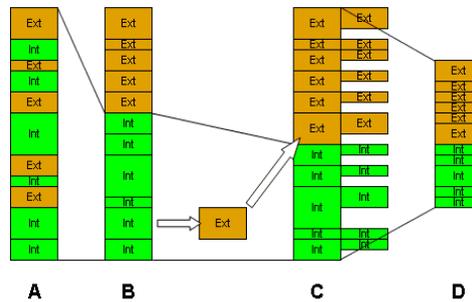
NO	Kegiatan	Simbol	Waktu kerja (Jam)	ES	EF	LS	LF	Slack
1	Persiapan bahan baku	A	0.5	-	0.5	0	0.5	0
2	Persiapan Alat (mixer)	B	1.5	0.6	2.1	4.4	5.9	3.8
3	Persiapan Alat (mesin)	C	10.6	1.3	11.9	5.1	15.7	3.8
4	Mixing bahan baku	D	3.0	0.6	3.6	0.6	3.6	-
5	Compacting	E	6.0	1.2	7.2	1.2	7.2	0
6	Sintering	F	3.0	5.0	8.0	5	8.0	0
7	Sizing	G	5.0	7.2	12.2	7.2	12.2	0
8	selection dan Inspection	H	3.0	12.2	15.2	12.2	15.2	0
9	Packing	I	1.0	14.2	15.2	14.2	15.2	0

Berdasarkan hasil pertimbangan dalam tabel diatas maka untuk penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan dapat ditentukan seperti yang telah diketahui bahwa pekerjaan pekerjaan kritis adalah pekerjaan yang mempunyai  $ES=LF$  dan  $EF=LF$  . Dalam tabel diatas terdapat dua pekerjaan bukan kritis yaitu kegiatan dua persiapan alat mixer dan persiapan alat mesin, artinya dalam kegiatan tersebut ada kelonggaran waktu (slack) sebesar 3.8 jam. Berdasarkan jalur kegiatan dan identifikasi kegiatan kritis/bukan kritis, maka proses produksi yang di gunakan adalah A-B-C-E-F-G-H-I dengan waktu 31.06 jam. Hal ini di sebabkan jalur tersebut memungkinkan semua kegiatan dapat terselesaikan

meskipun membutuhkan waktu penyelesaian terbesar. Dari uraian penjelasan tersebut bahwa untuk menghasilkan produk dari proses A sampai I masih membutuhkan waktu sekitar 31.06 jam, maka dari itu saya akan mencoba mengurangi waktu tersebut dengan metode SMED (single minute exchange of Die).

**Mempersingkat Jalur Kritis dengan Metode SMED**

Seperti yang telah disebutkan di bagian tujuan penelitian yaitu Melakukan percepatan pada proses set-up machine compacting dengan metode SMED.

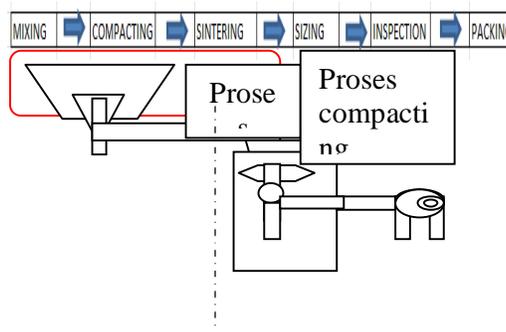


**Gambar 8.** Proses pengkonversian kegiatan internal dan external

Tujuh langkah-langkah SMED yaitu

1. Perhatikan metode saat ini (A),
2. Pisahkan kegiatan internal dan external (B). Kegiatan internal adalah saat mesin stop sedangkan kegiatan external adalah saat mesin berjalan,
3. Mengkonversi kegiatan internal menjadi external (C),
4. Merampingkan kegiatan internal yang tersisa dengan menyederhanakan,
5. Merampingkan kegiatan external sehingga mereka dari skala yang samadengan yang internal (D),
6. Mendokumentasikan prosedur yang baru dan tindakan yang belum selesai,
7. Melakukannya lagi: Untuk setiap iterasi dari proses di atas, peningkatan 45% dalam waktu set-up harus diharapkan, sehingga mungkin diperlukan beberapa iterasi untuk sampai garis sepuluh menit. Aplikasi SMED pada manufacturing komponen atau spare part mobil. Jenis yang di produksi adalah Gear oil pum drive, Hubclutch dan lain-lain.

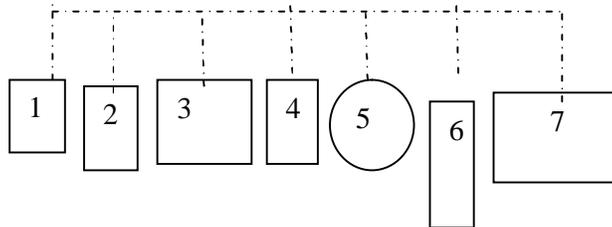
Blok diagram proses pembuatan Gear oil pum drive/SI-00172, secara proses karena yang akan di bahas pada mesin compacting maka untuk set-up mesin di ditujukan di mesin compacting 100 ton. Sedangkan untuk keseluruhan proses maka akan di gambarkan sebagai berikut.



**Gambar 9.** Proses Mixing dan Compacting

Fokus perbaikan pada mesin compacting adalah untuk mengurangi waktu set-up, adapun detailnya sebagai berikut:

1. Membuat produk gear oilpump/SI-000172
2. Memproduksi berbagai jenis produk dengan ukuran dan mal yang berbeda
3. Kebutuhan waktu set-up = 635 menit
4. Kapasitas produksi = 1pcs/6 dt = 10 pcs/menit=600 pcs/jam
5. Total jam istirahat =90 menit
6. Jam Kerja=450 menit (7.5 jam) dari jam 7:30-4:30 =540 menit (9 jam) dipotong jam istirahat=90 menit. Total kerja 7.5X2 shift= 15 jam (900 menit).



**Gambar 10.** Tempat Kerja Petugas Set up

Keterangan:

1. Tempat penyimpanan bahan/raw material
2. Bengkel
3. Tempat penyimpanan Mal
4. Tempat Penyimpanan Peralatan
5. Operator Set-up
6. Mesin Compacting 100 ton
7. Tempat Alat Mixer/Mixing Mesin

**Mengidentifikasi Kegiatan Internal dan Eksternal yaitu dengan Memisahkan Kegiatan Internal dan Eksternal**

Tabel 9. Kegiatan Set Up Mesin Compacting Internal

MEMISAHKAN KEGIATAN INTERNAL DAN Eksternal			
UNLOADING DIESET (BAWA KELUAR)	Lokasi	waktu (menit)	kategori
1. Ambil data setting	Lemari	15	Internal
2. Posisikan mesin pada Original position (270°-280°)	Mesin	3	Internal
3. Ubah tombol holddown pada posisi OFF.	Mesin	3	Internal
4. Buka passline, pick-up, turn over (jika pakai) dan semua hose.	Mesin	30	Internal
5. Letakkan kamashi antara die plate dan upper punch plate.	Mesin	25	Internal
6. Ubah tombol hold down pada posisi down.	Mesin	3	Internal
7. Setelah up punch plate turun, buka clamp up punch plate.	Mesin	35	Internal
8. Ubah kembali tombol hold down pada posisi up.	Mesin	3	Internal
9. Ubah tombol feeder motion & feeder clamp pada posisi OFF.	Mesin	3	Internal
10. Tutup valve hose powder kemudian lepaskan dari feeder.	Mesin	15	Internal
11. Ambil feeder dari die set, bersihkan kemudian simpan.	Mesin	25	Internal
12. Ubah tombol die set clamp pada posisi OFF.	Mesin	3	Internal
13. Letakkan kamashi antara base plate dan die plate.	Mesin	25	Internal
14. Dorong Die set kebelakang mesin.	Mesin	25	Internal
15. Angkat kemudian letakkan die set pada stand.	Mesin	20	Internal
16. Bersihkan Area die set dan die set line pada mesin.	Mesin	25	Internal
	Total	298	

LOADING DIESET (BAWA MASUK)	Lokasi	waktu (menit)	kategori
1. Membersihkan die set/ mal jantan yang lama dengan kain pembersih	Mesin	35	Internal
2. Memindahkan die set yang lama ke mesin untuk di masukan/setting	Mesin	45	Internal
3. Angkat Die set dan letakkan pada die set line mesin (pastikan memasang kamashi)	Mesin	25	External
4. Pasang kamashi antara base plate dan die plate kemudian dorong die set kedepan sampai menyentuh stoper die set.	Mesin	25	Internal
5. Ubah tombol die set clamp pada posisi ON	Mesin	3	Internal
6. Ubah tombol hold down pada posisi down, kemudian pasang clamp up punch	Mesin	3	Internal
7. Kembalikan tombol hold down pada posisi UP	Mesin	3	Internal
8. Ambil semua Kamashi yang ada pada die set (pastikan tidak ada kamashi tertinggal)	Mesin	25	Internal
9. Letakkan feeder pada die set kemudian pasang hose powder pada feeder.	Mesin	25	Internal
10. Ubah tombol feeder motion pada posisi neutral, kemudian ON kan tombol feeder cup clamp	Mesin	3	Internal
Total		192	
SETTING PRODUK	Lokasi	waktu (menit)	Kategori
1. Masukkan data Setting produksi terakhir kemudian lakukan setting produk	Mesin	25	Internal
2. Hatsumono	QCroom	35	Internal
3. Cek Crack di MFD Proses	MFD proses	45	External
4. Waiting judgement dari qc manager		45	External
5. Membersihkan peralatan S S	Mesin	35	Internal
Total		95	
Total setting		280	

Dari kegiatan di peroleh kegiatan internal adalah 520 menit. Dari kegiatan set-up mesin di atas dengan kategori external adalah 115 menit. Jadi total untuk kegiatan internal dan external adalah 635 menit.

### Mengkonversi dari Kegiatan Internal dengan Kegiatan External

Untuk mengurangi waktu setting mesin maka langkah selanjutnya adalah dengan mengkonversi dari kegiatan internal dengan kegiatan external. Pengkonversian ini di lakukan dengan cara merubah urutan kegiatan tanpa melakukan perubahan waktu yang di butuhkan untuk tiap jenis kegiatan, sehingga prosedur yang lebih baik. Berikut adalah konversi kegiatan internal ke kegiatan external

Tabel 10. Konversi dari kegiatan internal ke external

KONVERSI DARI KEGIATAN INTERNAL KE EXTERNAL DARI (LOADING UNLOADING DIESET) & SETTING PRODUK	Lokasi	waktu (menit)	Dari	Ke
1. Ambil data setting	Lemari	15	Internal	External
1. Membersihkan die set/ mal jantan yang lama dengan kain pembersih	Mesin	35	Internal	External
2. Memindahkan die set yang lama ke mesin untuk di masukan/setting	Mesin	45	Internal	External
Total		95		
1. Masukkan data Setting produksi terakhir kemudian lakukan setting produk	Mesin	25	Internal	External
5. Membersihkan peralatan S S	Mesin	35	Internal	External
Total		60		
Total setting		155		

Jadi untuk kegiatan internal menjadi berikut setelah ada beberapa kegiatan di konversikan ke kegiatan external.

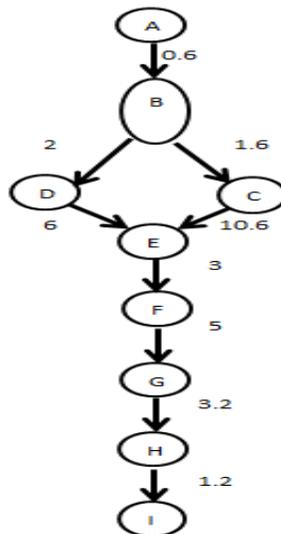
#### Perampingan kegiatan internal dan external

1. Menggunakan kotak alat dan mal yang baik sehingga tidak terdapat kegiatan mencari mal atau alat yang akan di gunakan. Hal ini tentunya dapat mengurangi waktu mengambil alat dan mal.
2. Menggunakan alat angkut mal dan mesin yang baik yaitu yang memiliki roda sehingga dapat menghemat waktu.
3. Adapun beberapa upaya untuk mengurangi frekuensi set-up mesin adalah memproduksi dalam jumlah yang besar dan menggunakan mesin untuk satu saja atau item yang mirip operasi set-upnya.
4. Menunggu keputusan /adjustment product
5. Merubah layout set up mesin untuk mempermudah set up mesin dan pengambilan peralatan.

**Hasil Waktu Perbaikan Melalui Jalur Kritis Dengan Metode SMED**

Jadi setelah ada beberapa kegiatan yang di konversikan dari internal menjadi External maka dari set-up waktu 520 menit menjadi 365 menit ketika kegiatan tersebut dapat di lakukan pada saat mesin sedang berproduksi. Jadi Total waktu mesin berhenti selama proses set-up adalah 365 menit. Sehingga penghematan yang terjadi adalah total waktu set-up (kegiatan internal dan external)-waktu total set-up kegiatan internal sekarang di bagi dengan total waktu set-up (kegiatan internal dan external) =  $(635-365)/635= 42,5\%$  atau sekitar ada pengurangan dari set-up mesin berhenti  $520-365= 155$  menit atau 2,58 jam. Jadi total set-up mesin dari 10.58 jam menjadi 8 jam set-up mesin pada compacting 100 ton. Sehingga untuk jalur kritis 31.06 akan berkurang karena ada pengurangan set-up 2.58 jam sehingga menjadi  $31.06-2.58 \text{ jam}= 28.48 \text{ jam}$ . Untuk perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan dapat di lihat melalui network diagram/PERT

1. Diagram Network sebelum perbaikan



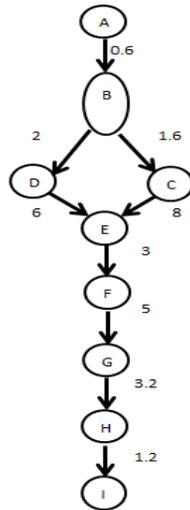
**Gambar 11.** Network Pert Sebelum Perbaikan

Tabel 11. Jalur kegiatan pada gambar diagram network

No	Jalur kegiatan	waktu (Jam)
1	A-B-C-E-F-G-H-I	31.06

Berdasarkan tabel diatas terdapat 2 jalur kegiatan yaitu  
 A-B-C-E-F-G-H-I  
 $(0.6+1.6+10.6+6+3+5+3.2+1.2)$   
 Dengan jumlah waktu 31.06 jam

1. Diagram Network setelah perbaikan



**Gambar 12.** Network Pert Setelah Perbaikan

Tabel 12. Jalur kegiatan pada gambar diagram network

No	Jalur kegiatan	waktu (Jam)
1	A-B-C-E-F-G-H-I	28.48

Berdasarkan tabel diatas jalur kritis kegiatan yaitu A-B-C-E-F-G-H-I

(0.6+1.6+8+6+3+5+3.2+1.2)

Dengan jumlah waktu 28.48jam, jadi dari diagram network diatas ada pengurangan jumlah dari 31.06 menjadi 28.48 jam yaitu sekitar 2.58jam

**Investasi dan Keuntungan dari Kegiatan Set up Mesin dengan metode SMED**

Dengan adanya investasi untuk kegiatan set up mesin dengan metode SMED maka akan didapatkan beberapa keuntungan, untuk detailnya adalah sebagai berikut:

- Perubahan layout tempat set up mesin dengan biaya sekitar Rp 45.000.000
- Perhitungan 1 jam lembur per orang adalah Rp 35.000 jika untuk mesin compacting 100 ton ada 3 orang.
- Rata-rata perubahan set mesin dalam 1 bulan adalah 5 kali set up mesin
- Dari gambar layout set up mesin diatas ada perubahan yang paling mendasar yaitu perubahan tempat penyimpanan bahan/raw material yang sebelumnya jauh dari mesin mixing/alat mixer sekarang berdekatan hal itu bertujuan ketika pengambilan bahan tidak memerlukan waktu yang lama dan untuk tempat penyimpanan mal dan perlatan di jadikan satu tempat artinya yang sebelumnya letaknya berjauhan sekarang berdekatan dengan tujuan ketika pengambilan peralatan dan mal lebih cepat dan mudah, sehingga akan di dapatkan keuntungan sebagai berikut:

1. Perhitungannya adalah jumlah orang yang lembur X biaya lembur per jam X hasil percepatan dari Metode SMED X jumlah set up mesin per bulan. Jadi 3 Orang X 35.000 X 4.05 X 5 set up mesin adalah Rp. 2.127.125.
2. Sehingga payback period dari investasi 45.000.000 dibagi dengan Rp. 2.127.125 adalah sekitar 21.16 bulan atau 1.76 tahun.

**Output produksi Sebelum ada optimasi waktu/proses dan Sesudah Optimasi waktu dengan Metode SMED**

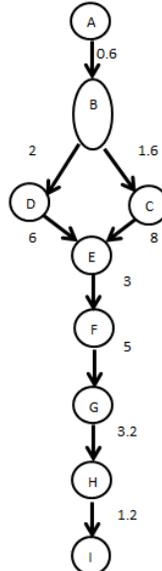
Dari penjadwalan awal produksi sebelum ada optimasi produksi 32.53 jam dan hasil percepatan menjadi 28.48 jadi ada selisih penghematan sekitar 4.05 jam sedangkan kapasitas produksi = 1pcs/6 dt = 10 pcs/menit=600 pcs/jam jadi, ada peningkatan output produksi 4.05 jam X 600 pcs= 2.430 pcs

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dan analisa serta perhitungan terhadap data-data yang di peroleh, maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada diagram network dapat dilihat urutan-urutan dari setiap kegiatan yang menjadi komponen dari proses produksi yaitu Persiapan bahan baku (A), Persiapan Alat (mixer) (B), Persiapan Alat (mesin)(C), Mixing bahan baku (D), Compacting (E), Sintering (F), Sizing (G), Selection dan Inspection (H) dan Packing (I).
2. Waktu yang di butuhkan setelah perbaikan untuk menyelesaikan tiap pekerjaan. Berdasarkan diagram network dibawah jalur kritis kegiatan yaitu A-B-C-E-F-G-H-I dengan masing-masing nilai (0.6+1.6+8+6+3+5+3.2+1.2) = 28.48 jam



**Gambar 13.** Diagram Network/ PERT

3. Pada hasil perhitungan dengan metode PERT di peroleh jalur kritis setelah ada percepatan dengan metode SMED adalah 28.48 jam Sedangkan waktu yang di jadwalkan perusahaan 32.53 jam, hal ini berarti ada selisih waktu pengerjaan sebesar 4.05 jam.
4. Adanya Metode SMED maka didapatkan percepatan waktu dari 10.58 jam menjadi 8 jam waktu set-up mesin compacting atau 2.58 jam.

5. Keuntungan dari percepatan SMED jika di uangkan perbulan adalah Rp 2.127.125 dan payback period adalah 1.76 tahun.
6. Dari selisih penghematan sekitar 4.05 jam jika di konversikan ke kapasitas produksi =  $1\text{ pcs}/6\text{ dt} = 10\text{ pcs}/\text{menit} = 600\text{ pcs}/\text{jam}$  jadi,  $4.05\text{ jam} \times 600\text{ pcs} = 2.430\text{ pcs}$

### Saran

Dengan melihat hasil perhitungan dari metode yang telah digunakan diatas, maka bisa sarankan untuk dapat digunakan bagi perusahaan sebagai berikut. Sebaiknya menggunakan metode yang lebih pasti. Salah satunya yaitu dengan menggunakan hasil analisis network dengan metode PERT dan metode SMED dalam proses produksi, Sehingga perusahaan dapat membuat perencanaan dan pengawasan produksi yang dapat meningkatkan jumlah produksi dan penelitian lebih lanjut dengan menggabungkan metode lean management sehingga bisa mengurangi waste.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ani, M., & Shafei, M. (2012). The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 5(1), 9 -13
- Breyfogle, F.W. 2003. Implementation Six Sigma, Smart Solution Using Statistical Methods. John Willey & Sons, Inc. New Jersey. P. 256-259.
- Herjanto E. 2007. *Management Produksi dan Operasi Edisi 2*. Jakarta: PT Graindo Pinedo
- ML. 2009. *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*. New York: Springer
- Meyers, Fred E & Stewart, James R.,(2002), Motion and Time Study for Lean Manufacturing. Third Edition. New jersey : Precentice Hall.
- Moreira, António Carrizo dan Gil Campos Silva Pais. 2011. Single Minute Exchange of Die. A Case Study Implementation. *Journal of Technology Management & Innovation*. Santiago, Chile
- Mulla, M., Bhatwadekar, S., & Pandit, S. (2013). Implementation of Lean Manufacturing Though the Technique of Single Minute Exchange of Die (SMED) to Reduce Change Over Time. *International Journal of Innovation Research in Science, Engineering and Technology*, 13069 - 13076
- Nakajima, S., *Introduction to Total Productive Maintenance*, Cambridge, MA, Producticity Press, Inc., 1988
- Nasution, Arman Hakim. 2003. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Guna Widya : Surabaya
- Pellegrini, S., Shetty, D., & Manzione, L. (2012). Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operationa Management IEOM*, (pp.2353 - 2363). Istanbul.
- Pinedo ML. 2009. *Planning and Scheduling in Manufacturing and Services*. New York: Springer
- Render, Barry dan Jay Heizer. 2001. *Management Operasi*. Bandung: Salemba Empat
- Ribeiro, Domingos dkk. 2011. An Application of the SMED Methodology in an Electric Power Controls Company. *Proceedings of International Conference On Innovations, Recent Trends And Challenges In Mechatronics, MECAHITECH'11*, vol. 3. Guimaraes, Portugal.

- Ronald G. Askin., 1993., *Modelling and Analysis of Manufacturing System*, John Wiley & Sons, New York
- Soeharto, Imam. 2001. *Management Proyek*. Jakarta : Erlangga
- Sofjan Assauri, *Manajemen Produksi dan Operasi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi
- Sousa, R. M., Lima, R. M., Carvalho, J. D., & Alves, A. C. (2009). An Industrial Application of Resource Constrained Scheduling for Quick Changeover. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (pp. 189 - 193). IEEE.
- Vincent, Gaspersz. *Production and Inventory Management for Supply Chain Profesional Strategi Menuju World Class Manufacturing*. Niaga Swadaya: Jakarta
- Vincent, Gaspersz. *Practical Management Excellence*. Niaga Swadaya: JakartaSubagio, Pangestu. 2000. *Management Operasi*. Edisi Pertama. Yogyakarta:BPFE