

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Manusia merupakan salah satu elemen utama pada sistem industri dalam menjalankan aktivitas. Tanpa adanya campur tangan manusia, sistem pada industri tidak mungkin berjalan. Meskipun sudah terotomasi, tetap terdapat campur tangan manusia di dalamnya. Untuk itu, jumlah tenaga kerja harus di hitung dengan baik agar tidak terjadi pemborosan tenaga kerja. Salah satu cara dalam menentukan jumlah tenaga kerja adalah menghitung waktu baku setiap proses yang dijalankan. Dengan adanya waktu baku, tenaga kerja juga mempunyai target untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

Rinawati dkk (2012) melakukan perhitungan tenaga kerja menggunakan waktu baku pada Industri Kecil Menengah Batik Saud Effendi di Kota Solo. Waktu baku digunakan untuk menentukan jumlah tenaga kerja agar tidak mengakibatkan pemborosan dan kerugian. Dalam pembuatan batik, proses yang berlangsung antara lain proses pemotongan mori, proses pengecepan, proses pewarnaan, proses pengeringan dan pencucian, proses penglorodan, dan proses *packing*. Hasil pengukuran secara langsung kemudian dilakukan uji keseragaman dan uji kecukupan data yang diolah menggunakan metode *Westinghouse*. Selain industri pakaian, industri makanan juga menerapkan waktu baku seperti penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni dkk (2014) yang berlokasi pada stasiun penggilingan unit instalasi kelompok C PT.Madubaru. Dalam penelitian yang dilakukan, waktu baku digunakan sebagai penentu jumlah kebutuhan tenaga kerja. Perhitungan waktu baku menggunakan teknik *sampling* kerja untuk menghitung jumlah kebutuhan tenaga kerja. Penentuan waktu baku juga dilakukan oleh Santoso dan Supriyadi (2010) pada proses produksi minuman ringan yang masih dilakukan semi otomatis. Penelitian ini menggunakan teknik *sampling* kerja untuk menentukan tenaga kerja yang optimal. Dengan tenaga kerja yang optimal, maka dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penentuan waktu baku menggunakan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran *Westinghouse*.

Selain itu, menurut Sukania dan Gunawan dkk (2014) yang melakukan penelitian pada bagian proses penempelan *cutting* stiker pada benda kerja memerlukan

adanya waktu baku untuk menentukan target produksi dan besarnya upah pekerja per unit produk. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku seluruh elemen kerja pembuatan stiker dengan cara pengukuran waktu menggunakan metode *Westinghouse*. Sedangkan menurut Rully dan Rahmawati (2015) penggunaan waktu baku yang baik dapat meningkatkan produktivitas kerja dengan menggunakan metode *time study*. Tingkat produktivitas pada pekerja divisi pompa minyak di PT. Bukaka Teknik Utama Tbk dapat dihitung dengan membandingkan *output* yang dihasilkan dengan *input* yang digunakan sehingga dapat diketahui kinerja tenaga kerja, produktivitas tenaga kerja, dan meningkatkan produktivitas tenaga kerja.

Menurut Kiayi (2010), *sampling* kerja adalah suatu aktivitas pengukuran kerja untuk mengestimasi proporsi waktu yang hilang selama siklus kerja berlangsung untuk melihat proporsi kegiatan produktif. Pengamatan *sampling* kerja dilakukan pada proses produksi pembuatan cabe bubuk. Pengamatan dilakukan secara langsung dengan melakukan survey. Hasil pengamatan *sampling* kerja kemudian dianalisis menggunakan metode *Westinghouse* untuk mendapatkan faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian sekarang dilakukan pada industri kendaraan bermotor di PT. Inti Ganda Perdana *Plant* 1A Karawang. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah operator inspeksi secara manual maupun secara otomatis agar dapat memenuhi jumlah inspeksi sesuai dengan *Quality Check Standard* (QCS) yang dimiliki. Dalam menentukan jumlah operator inspeksi, diperlukan waktu baku proses inspeksi yang dilakukan operator inspeksi secara manual (*Offline*) pada departemen produksi dan operator inspeksi secara otomatis menggunakan mesin CMM pada departemen *quality*. Berdasarkan kedua jenis inspeksi, dapat dibandingkan inspeksi manakah yang lebih menguntungkan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Sistem Kerja

Sistem kerja merupakan suatu kesatuan dari manusia, material, fasilitas, dan lingkungan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu. Sistem kerja yang diharapkan adalah sistem yang memiliki tingkat produktivitas dan efektivitas yang tinggi. Dalam mencapai tingkat produktivitas dan efektivitas yang tinggi, maka dibutuhkan suatu prinsip yang digunakan untuk mengatur komponen-

komponen dalam sistem kerja. Komponen utama dalam sistem kerja merupakan manusia itu sendiri, hal itu dikarenakan tanpa adanya campur tangan manusia di dalam sistem kerja, sistem kerja tidak dapat berjalan dengan baik dan lancar. Dalam melakukan perbaikan sistem kerja pada manusia, maka dilakukan peningkatan *skill* atau keterampilan dalam melakukan tugas, yang dapat meningkatkan nilai produktivitas.

Dalam menjalankan sistem kerja, dilakukan prinsip-prinsip yang berhubungan dengan sistem kerja (Sutalaksana, 2006), antara lain :

a. Kegiatan Kerja dalam Sistem Kerja

Dalam sistem kerja terdapat kegiatan kerja yang dibagi menjadi 2 kelompok kegiatan, yaitu :

i. Kegiatan kerja setempat, merupakan kegiatan yang dilakukan pada satu sistem kerja yang biasanya melibatkan manusia dan fasilitas dalam jumlah terbatas. Dalam menjalankan kegiatan kerja setempat, dibutuhkan beberapa komponen seperti peta pekerja dan mesin serta peta tangan kiri dan tangan kanan. Kedua komponen tersebut digunakan karena masuk di dalam ruang lingkup yang kecil.

1. Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan

Peta tangan kiri dan tangan kanan menggambarkan semua gerakan saat bekerja dan waktu menganggur yang dilakukan oleh tangan kiri dan tangan kanan, juga menunjukkan perbandingan antara tugas yang dibebankan pada tangan kiri dan tangan kanan ketika melakukan suatu pekerjaan.

2. Peta Pekerja dan Mesin

Peta pekerja dan mesin merupakan peta yang menunjukkan hubungan antara operator dan mesin sering bekerja secara silih berganti, yaitu sementara mesin menganggur, operator bekerja atau sebaliknya.

ii. Kegiatan kerja keseluruhan, merupakan kegiatan yang dilakukan melibatkan sebagian besar atau semua sistem kerja yang diperlukan untuk membuat produk yang bersangkutan. Dalam kegiatan kerja keseluruhan, terdapat beberapa komponen pendukung seperti peta proses operasi, peta aliran proses, peta kelompok kerja, dan diagram aliran.

1. Peta Proses Operasi menggambarkan langkah-langkah operasi dan pemeriksaan yang dialami bahan dalam urut-urutannya sejak awal sampai menjadi produk maupun setengah jadi.

2. Peta Aliran Proses adalah peta berbentuk diagram yang menunjukkan urutan-urutan dari operasi, pemeriksaan, transportasi, menunggu, dan

penyimpanan yang terjadi selama satu proses. Terdapat 3 tipe peta aliran proses yaitu : peta aliran proses tipe bahan, peta aliran proses tipe orang, dan peta aliran proses tipe kertas.

3. Peta Proses Kelompok Kerja adalah kumpulan beberapa peta aliran proses yang menunjukkan satu seri kerja dari seorang operator.
4. Diagram Aliran merupakan suatu peta yang memuat informasi-informasi relatif lengkap sehubungan dengan proses dalam suatu pabrik atau kantor, tetapi peta tersebut tidak menunjukkan gambar arah aliran selama bekerja.

b. Faktor Penyesuaian

Faktor penyesuaian merupakan sebuah faktor yang digunakan untuk memberikan kesempatan kepada pekerja untuk melakukan hal-hal lain selain tugas utamanya, sehingga dapat diperoleh waktu kerja yang lengkap dan dapat mewakili sistem kerja yang diamati.

c. Faktor Kelonggaran

Faktor kelonggaran adalah faktor yang diperlukan oleh pekerja selama pengukuran, karena seseorang tidak mungkin bekerja seharian tanpa adanya gangguan, sehingga dibutuhkan waktu untuk kebutuhan pribadi, waktu untuk menghilangkan kelelahan, serta hambatan-hambatan yang tidak terduga dalam melakukan sebuah pekerjaan. Ketiga hal tersebut secara nyata dibutuhkan oleh pekerja, namun tidak diamati, diukur, dicatat, dan dihitung.

d. Studi Gerakan

Studi gerakan merupakan sebuah analisa yang dilakukan berdasarkan gerakan-gerakan yang dilakukan pada bagian badan pekerja dalam menyelesaikan tugasnya. Dalam studi gerakan, terdapat 17 elemen gerakan dasar yang ditemukan oleh Frank B. Gilberth yang elemen-elemen gerakan tersebut diberi nama 17 gerakan Therblig. 17 gerakan dasar itu antara lain mencari, memilih, memegang, menjangkau, membawa, memegang untuk memakai, melepas, mengarahkan, mengarahkan sementara, memeriksa, merakit, lepas rakit, memakai, kelambatan yang tak terhindarkan, kelambatan yang dapat dihindarkan, merencanakan, istirahat untuk menghilangkan lelah.

e. Faktor Lingkungan Kerja (Suhu, Kelembaban, Kebisingan, dan Pencahayaan)

Menurut Sutalaksana (2006) manusia dalam melakukan kegiatannya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut bisa datang dari pribadinya (*intern*) atau sebagai akibat dari pengaruh luar (*ekstern*). Salah satu faktor yang datang dari luar ialah lingkungan kerja saat melakukan kegiatannya. Keadaan lingkungan

dibentuk oleh berbagai unsurnya, yakni suhu udara dan kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, bau-bauan, kecepatan, percepatan, ketinggian, kedalaman, dan lain-lain. Penjelasan faktor lingkungan kerja sebagai berikut :

i. Suhu.

Dalam keadaan normal, tiap anggota tubuh manusia mempunyai suhu yang berbeda-beda. Tubuh manusia selalu berusaha untuk mempertahankan keadaan normal dengan suatu sistem tubuh yang sangat sempurna sehingga dapat menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi diluar tubuhnya. Tetapi kemampuan manusia untuk menyesuaikan diri ada batasnya, yaitu bahwa tubuh manusia masih dapat menyesuaikan dengan suhu luar jika perubahan suhu luar tubuh ini tidak melebihi 20% untuk kondisi panas dan 35% untuk kondisi dingin, semua dari keadaan normal tubuh.

ii. Kelembaban

Kelembaban adalah banyaknya air yang terkandung dalam udara, yang biasa dinyatakan dengan persentase. Dalam mempengaruhi kemampuan kerja, kelembaban sangat berhubungan dengan suhu udara dan kecepatan bergerak udara. Ketiganya secara bersama-sama merupakan unsur-unsur pokok dalam iklim mikro.

Suatu keadaan pada saat udara sangat panas dan kelembabannya tinggi, akan menimbulkan pengurangan panas dari tubuh secara besar-besaran, karena sistem penguapan. Pengaruh lain ialah makin cepatnya denyut jantung karena makin aktifnya peredaran darah untuk memenuhi kebutuhan akan oksigen. Sebagaimana kita ketahui bahwa tubuh manusia selalu berusaha untuk mencapai keseimbangan antara panas tubuhnya dengan suhu di sekitarnya.

iii. Sirkulasi Udara

Oksigen merupakan gas yang sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk menjaga kelangsungan hidup kita, yaitu untuk proses metabolisme. Udara di sekitar kita dinyatakan kotor apabila kadar oksigen dalam udara tersebut telah berkurang dan telah bercampur dengan gas-gas atau bau-bau yang berbahaya bagi kesehatan tubuh. Untuk menjaga agar udara di sekitar tempat kerja tetap sehat, dalam arti kata cukup mengandung oksigen dan bebas dari zat-zat yang bisa mengganggu kesehatan, udara harus dimungkinkan bersirkulasi dengan baik. Dengan begitu udara kotor dapat berganti dengan udara yang bersih dan

segar. Sistem ventilasi ada yang biasanya dibuatkan. Kipas angin *exhaust* adalah suatu piranti yang umum dipakai untuk mengalirkan udara dalam ke luar.

iv. Pencahayaan

Pencahayaan sangat mempengaruhi kemampuan manusia untuk melihat objek secara jelas, cepat, tanpa menimbulkan kesalahan. Kebutuhan akan pencahayaan yang baik akan makin diperlukan apabila kita mengerjakan suatu pekerjaan yang memerlukan ketelitian penglihatan. Pencahayaan yang terlalu suram mengakibatkan mata pekerja makin cepat lelah karena mata akan berusaha untuk bisa melihat, lelahnya mata mengakibatkan kelelahan mental ; lebih jauh lagi keadaan tersebut bisa menimbulkan rusaknya mata karena bisa menyilaukan.

v. Kebisingan

Kebisingan yaitu bunyi-bunyian yang tidak dikehendaki telinga kita, terutama karena dalam jangka pendek dapat mengurangi ketenangan kerja, mengganggu konsentrasi, dan menyulitkan komunikasi. Dalam jangka panjang dapat merusak pendengaran.

Ada tiga aspek yang menentukan kualitas suatu bunyi yang bisa menentukan tingkat gangguan terhadap manusia, yaitu lama, intensitas, dan frekuensinya.

vi. Getaran Mekanis

Getaran mekanis adalah getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis, yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh kita dan menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan oleh tubuh kita. Besarnya getaran ditentukan oleh intensitas dan frekuensi getarnya.

vii. Bau-bauan

Adanya bau-bauan di sekitar tempat kerja dapat dianggap sebagai pencemaran, apabila kalau bau-bauan tersebut sedemikian rupa sehingga dapat mengganggu konsentrasi pekerja. Lebih jauh lagi, bau-bauan yang terjadi terus-menerus bisa mempengaruhi kepekaan penciuman.

viii. Warna

Yang dimaksud disini ialah warna tembok ruangan tempat kerja dan warna objek-objek dominan di dalam suatu ruangan. Selain berpengaruh terhadap kemampuan mata untuk melihat objek, warna di sekitar tempat kerja juga berpengaruh secara psikologis bagi para pekerja.

f. Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerja baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan. Secara garis besar teknik-teknik pengukuran waktu dibagi ke dalam dua bagian, pertama secara langsung dan kedua secara tidak langsung.

Pengukuran langsung yaitu pengukuran yang dilakukan secara langsung pada lokasi pekerjaan dan dapat dilakukan dengan menggunakan teknik jam henti dan sampling pekerjaan. Teknik jam henti merupakan teknik yang dilakukan dalam melakukan pengukuran secara langsung untuk pekerjaan yang dilakukan secara singkat dan berulang / *repetitive*. Sedangkan sampling pekerjaan merupakan pengukuran dimana operator yang diamati bekerja, tetapi pengamatan tersebut tidak dilakukan terus-menerus berada di tempat pekerjaan melainkan pada waktu tertentu yang telah ditentukan secara acak.

Pengukuran waktu tak langsung dengan cara melakukan perhitungan waktu tanpa harus berada di tempat pekerjaan, dengan membaca tabel yang tersedia asalkan mengetahui jalannya pekerjaan melalui elemen pekerjaan.

Dalam melakukan pengukuran waktu kerja, dilakukan beberapa faktor kepada pekerja, yaitu faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran. Faktor penyesuaian dipakai jika pengukur melihat operator bekerja dengan kecepatan yang tidak wajar sehingga hasil perhitungan waktu perlu disesuaikan untuk mendapatkan waktu siklus rata-rata yang wajar. Faktor kelonggaran diberikan untuk melakukan kebutuhan pribadi, menghilangkan kelelahan, dan hambatan yang tidak terhindarkan, misalnya menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas, melakukan penyesuaian mesin, mengambil alat, dll..

Dalam melakukan pengukuran waktu kerja, terdapat beberapa elemen yang digunakan dalam melakukan pengukuran, yaitu :

- a. Waktu Pengamatan (W_s) merupakan waktu aktual yang didapatkan berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada operator dalam melakukan satu siklus pekerjaannya.
- b. Waktu Normal (W_n) adalah waktu yang diperlukan oleh operator dengan kemampuan yang sudah terlatih untuk melaksanakan pekerjaannya. Waktu normal dapat dihitung menggunakan Waktu pengamatan (W_s) dikalikan dengan faktor penyesuaian pada setiap pekerja. Terdapat beberapa cara dalam menentukan faktor penyesuaian (Sutalaksana, 2006), yaitu :

i. Persentase : faktor penyesuaian yang dilakukan berdasarkan pengamatan. Metode ini sangat mudah digunakan namun tidak teliti karena tidak adanya acuan yang pasti dalam menentukan persentase.

ii. *Schumard* : hampir sama dengan persentase, akan tetapi sudah memiliki acuan yang jelas.

Untuk waktu normal dalam melakukan pekerjaan diberi nilai 60, jika pengamat melihat bahwa pekerjaan dinilai *Excellent* maka diberi nilai 80, faktor penyesuaiannya sebagai berikut :

$$P = 80 / 60 = 1,33$$

iii. *Westinghouse* : dalam menggunakan *Westinghouse*, penilaian berdasarkan 4 faktor, yaitu keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Faktor tersebut memiliki 5-6 tingkatan kelas dengan nilai -1 sampai dengan +1. Metode ini dianggap lebih teliti

$$W_n = W_s * [1+(f_1+f_2+f_3+f_4)] \quad (2.1)$$

c. Kelonggaran Waktu (*Allowance*) : Waktu yang diperuntukkan sebagai kebutuhan diluar pekerjaan misalnya ke toilet, menghilangkan rasa kelelahan, dan melakukan penyesuaian terhadap mesin.

d. Waktu Baku (*Wb*) merupakan waktu normal dalam menyelesaikan pekerjaan ditambah dengan kelonggaran waktu

$$\text{Waktu baku} = \text{Waktu Normal} + \text{kelonggaran Waktu}$$

Kriteria dalam faktor penyesuaian terdiri dari 4 faktor, yaitu : keterampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi. Berikut penjelasan setiap kriteria dalam setiap faktor.

a. Keterampilan

i. *Super Skill*

1. Secara bawaan cocok sekali dengan pekerjaannya
2. Bekerja dengan sempurna
3. Tampak seperti telah terlatih dengan sangat baik
4. Gerakannya halus tetapi sangat cepat sehingga sangat sulit untuk diikuti
5. Kadang-kadang terkesan tidak berbeda dengan gerakan-gerakan mesin
6. Perpindahan dari satu elemen pekerjaan ke elemen lainnya tidak terlampau terlihat karena lencarnya
7. Tidak terkesan adanya gerakan-gerakan berpikir dan merencana tentang apa yang dikerjakan (sudah sangat otomatis)
8. Secara umum dapat dikatakan bahwa pekerja yang bersangkutan adalah pekerja yang sangat baik

ii. *Excellent Skill*

1. Percaya pada diri sendiri
2. Tampak cocok dengan pekerjaannya
3. Terlihat telah terlatih baik
4. Bekerjanya teliti dengan tidak banyak melakukan pengukuran atau pemeriksaan lagi
5. Gerakan-gerakan kerjanya beserta urutan-urutannya dijalankan tanpa kesalahan
6. Menggunakan peralatan dengan baik
7. Bekerjanya cepat tanpa mengorbankan mutu
8. Bekerjanya cepat tapi halus
9. Bekerjanya berirama dan terkoordinasi

iii. *Good Skill*

1. Kualitas hasil baik
2. Bekerjanya tampak lebih baik daripada kebanyakan pekerja pada umumnya
3. Dapat memberi petunjuk-petunjuk pada pekerja lain yang keterampilannya lebih rendah
4. Tampak jelas sebagai pekerja yang cakap
5. Tidak memerlukan banyak pengawasan
6. Tiada keragu-raguan
7. Bekerjanya "stabil"
8. Gerakan-gerakannya terkoordinasi dengan baik
9. Gerakan-gerakannya cepat

iv. *Average Skill*

1. Tampak adanya kepercayaan pada diri sendiri
2. Gerakannya cepat tetapi tidak lambat
3. Terlihat adanya pekerjaan-pekerjaan perencanaan
4. Tampak sebagai pekerja yang cakap
5. Gerakan-gerakannya cukup menunjukkan tidak ada keragu-raguan
6. Mengkoordinasi tangan dan pikiran dengan cukup baik
7. Tampak cukup terlatih dan karenanya mengetahui seluk beluk pekerjaannya
8. Bekerja cukup teliti
9. Secara keseluruhan cukup memuaskan

v. *Fair Skill*

1. Tampak terlatih tetapi belum cukup baik
2. Mengenal peralatan dan lingkungan secukupnya
3. Terlihat adanya perencanaan-perencanaan sebelum melakukan gerakan-gerakan
4. Tidak mempunyai kepercayaan diri yang cukup
5. Tampaknya seperti tidak cocok dengan pekerjaannya tetapi telah dipekerjakan di bagian itu sejak lama
6. Mengetahui apa-apa yang dilakukan dan harus dilakukan tapi tampak tidak selalu yakin
7. Sebagian waktunya terbuang karena kesalahan-kesalahan sendiri
8. Jika tidak bekerja secara sungguh-sungguh *outputnya* akan sangat rendah
9. Biasanya tidak ragu-ragu dalam menjalankan gerakan-gerakannya

vi. *Poor Skill*

1. Tidak bisa mengkoordinasikan tangan dan pikiran
2. Gerakan-gerakannya kaku
3. Kelihatan ketidakyakinannya pada urutan-urutan gerakan
4. Seperti yang tidak terlatih untuk pekerjaan yang bersangkutan
5. Tidak terlihat adanya kecocokan dengan pekerjaannya
6. Ragu-ragu dalam melaksanakan gerakan-gerakan kerja
7. Sering melakukan kesalahan-kesalahan
8. Tidak adanya kepercayaan pada diri sendiri
9. Tidak bisa mengambil inisiatif sendiri

b. Usaha

i. *Excessive Effort*

1. Kecepatan sangat berlebihan
2. Usahnya sangat bersungguh-sungguh tetapi dapat membahayakan kesehatannya
3. Kecepatan yang ditimbulkannya tidak dapat dipertahankan sepanjang hari kerja

ii. *Excellent Effort*

1. Jelas terlihat kecepatannya sangat tinggi
2. Gerakan-gerakan lebih ekonomis daripada operator-operator biasa
3. Penuh perhatian pada pekerjaannya

4. Banyak memberi saran
5. Menerima saran-saran petunjuk dengan senang
6. Percaya pada kebaikan maksud pengukuran waktu
7. Tidak bertahan lebih dari beberapa hari
8. Bangga atas kelebihannya
9. Gerakan-gerakan yang salah terjadi sangat jarang sekali
10. Bekerjanya sangat sistematis
11. Karena lancarnya, perpindahan dari suatu elemen ke elemen lain tidak terlihat

iii. *Good Effort*

1. Bekerja berirama
2. Saat-saat menganggur sangat sedikit, bahkan kadang-kadang tidak ada
3. Penuh perhatian pada pekerjaannya
4. Senang pada pekerjaannya
5. Kecepatannya baik dan dapat dipertahankan sepanjang hari
6. Percaya pada kebaikan waktu pengukuran waktu
7. Menerima saran-saran dan petunjuk dengan senang
8. Dapat memberi saran-saran untuk perbaikan kerja
9. Tempat kerjanya diatur baik dan rapih
10. Menggunakan alat-alat yang tepat dengan baik
11. Memelihara dengan baik kondisi peralatan

iv. *Average Effort*

1. Tidak sebaik *good*, tapi lebih baik dari *poor*
2. Bekerja dengan stabil
3. Menerima saran-saran tapi tidak melaksanakannya
4. *Set up* dilaksanakan dengan baik
5. Melakukan kegiatan-kegiatan perencanaan

v. *Fair Effort*

1. Saran-saran perbaikan diterima dengan kesal
2. Kadang-kadang perhatian tidak ditujukan pada pekerjaannya
3. Kurang sungguh-sungguh
4. Tidak mengeluarkan tenaga dengan secukupnya
5. Terjadi sedikit penyimpangan dari cara kerja baku
6. Alat-alat yang dipakainya tidak selalu yang terbaik
7. Terlihat adanya kecenderungan kurang perhatian pada pekerjaannya

8. Terlampau hati-hati
9. Sistematika kerjanya sedang-sedang saja
10. Gerakan-gerakannya tidak terencana

vi. *Poor Effort*

1. Banyak membuang-buang waktu
2. Tidak memperhatikan adanya minat kerja
3. Tidak mau menerima saran-saran
4. Tampak malas dan lambat bekerja
5. Melakukan gerakan yang tidak perlu untuk mengambil alat dan bahan
6. Tempat kerjanya tidak diatur rapi
7. Tidak peduli pada cocok/baik tidaknya peralatan yang dipakai
8. Mengubah-ubah tata letak tempat kerja yang telah diatur
9. *Set up* kerjanya terlihat tidak baik

c. Kondisi Kerja

Kondisi kerja dibagi menjadi enam kelas, yaitu *Ideal*, *Excellent*, *Good*, *Average*, *Fair*, dan *Poor*. Kondisi yang *ideal* tidak selalu sama bagi setiap pekerjaan karena berdasarkan karakteristiknya masing-masing pekerja membutuhkan kondisi ideal sendiri-sendiri. Satu kondisi yang dianggap *good* untuk satu pekerjaan dapat saja dirasakan *fair* atau bahkan *poor* bagi pekerjaan yang lain. Pada dasarnya kondisi *ideal* adalah kondisi yang paling cocok untuk pekerjaan yang bersangkutan, yaitu yang memungkinkan kinerja maksimal dari pekerja. Sebaliknya kondisi *poor* adalah kondisi lingkungan yang tidak membantu jalannya pekerjaan atau bahkan menghambat pencapaian kinerja yang baik. Sudah tentu suatu pengetahuan tentang kriteria yang disebut *ideal*, dan kriteria yang disebut *poor* perlu dimiliki agar penilaian terhadap kondisi kerja dalam rangka melakukan penyesuaian dapat dilakukan dengan seteliti mungkin.

d. Konsistensi

Konsistensi dibagi ke dalam enam kelas, yaitu *Perfect*, *Excellent*, *Good*, *Average*, *Fair*, dan *Poor*. Seseorang yang bekerja *perfect* adalah yang dapat bekerja dengan waktu penyelesaian yang boleh dikatakan tetap dari saat ke saat. Secara teoritis mesin atau pekerja yang waktunya dikendalikan mesin merupakan contoh yang variasi waktunya tidak diharapkan terjadi. Kondisi *poor* terjadi bila waktu-waktu penyelesaiannya berselisih jauh dari rata-rata secara acak. Konsistensi rata-rata adalah bila selisih antara waktu penyelesaian dengan rata-ratanya tidak besar walaupun ada satu dua yang "letaknya" jauh.

Tabel 2.1. Faktor Penyesuaian *Westinghouse*

Faktor	Kelas	Lambang	Penyesuaian
Keterampilan	<i>Super Skill</i>	A1	+0,15
		A2	+0,13
	<i>Excelent</i>	B1	+0,11
		B2	+0,08
	<i>Good</i>	C1	+0,06
		C2	+0,03
	<i>Average</i>	D	0,00
	<i>Fair</i>	E1	-0,05
		E2	-0,10
	<i>Poor</i>	F1	-0,16
		F2	-0,22
	Usaha	<i>Excessive</i>	A1
A2			+0,12
<i>Excelent</i>		B1	+0,10
		B2	+0,08
<i>Good</i>		C1	+0,05
		C2	+0,02
<i>Average</i>		D	0,00
<i>Fair</i>		E1	-0,04
		E2	-0,08
<i>Poor</i>		F1	-0,12
	F2	-0,17	
Kondisi Kerja	<i>Ideal</i>	A	+0,06
	<i>Excellently</i>	B	+0,04
	<i>Good</i>	C	+0,02
	<i>Average</i>	D	0,00
	<i>Fair</i>	E	-0,03
	<i>Poor</i>	F	-0,07
	Konsistensi	<i>Perfect</i>	A
<i>Excellent</i>		B	+0,03
<i>Good</i>		C	+0,01
<i>Average</i>		D	0,00
<i>Fair</i>		E	-0,02
<i>Poor</i>		F	-0,04

Tabel 2.2. Faktor Kelonggaran

Faktor	Contoh Pekerjaan	Ekivalen Beban	Kelonggaran (%)	
A. Tenaga yang dikeluarkan			Pria	Wanita
1. Dapat diabaikan	Bekerja di meja, duduk	tanpa beban	0,0-6,0	0,0-6,0
2. Sangat ringan	Bekerja di meja, berdiri	0,0-2,25 kg	6,0-7,5	6,0-7,5
3. Ringan	Menyekop, ringan	2,25-9,00	7,5-12,0	7,5-16,0
4. Sedang	Mencangkul	9,00-18,00	12,0-19,0	16,0-30,0
5. Berat	Mengayun palu yang berat	18,00-27,00	19,0-30,0	
6. Sangat berat	Memanggul beban	27,00-50,00	30,0-50,0	
7. Luar biasa berat	Memanggul karung berat	diatas 50 kg		
B. Sikap kerja				
1. Duduk	Bekerja duduk, ringan			0,00-1,0
2. Berdiri di atas dua kaki	Badan tegak, ditumpu dua kaki			1,0-2,5
3. Berdiri di atas satu kaki	Satu kaki mengerjakan alat kontrol			2,5-4,0
4. Berbaring	Pada bagian sisi, belakang atau depan badan			2,5-4,0
5. Membungkuk	Badan dibungkukkan bertumpu pada kedua kaki			4,0-10,0
C. Gerakan kerja				
1. Normal	Ayunan bebas dari palu			0
2. Agak terbatas	Ayunan terbatas dari palu			0-5
3. Sulit	Membawa beban berat dengan satu tangan			0-5
4. Pada anggota-anggota badan terbatas	Bekerja dengan tangan di atas kepala			5-10
5. Seluruh anggota badan terbatas	Bekerja di lorong pertambangan yang sempit			10-15
D. Kelelahan mata *)				
1. Pandangan yang terputus-putus	Membawa alat ukur		Pencahayaan Baik	Buruk
2. Pandangan yang hampir terus menerus	Pekerjaan-pekerjaan yang teliti		0,0-6,0	0,0-6,0
3. Pandangan terus menerus dengan fokus tetap	Pemeriksaan yang sangat teliti		6,0-7,5	6,0-7,5
4. Pandangan terus menerus dengan fokus berubah-ubah	Memeriksa cacat-cacat pada kain		7,5-12,0	7,5-16,0
5. Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus tetap			12,0-19,0	16,0-30,0
6. Pandangan terus menerus dengan konsentrasi tinggi dan fokus berubah-ubah			19,0-30,0	
E. Keadaan suhu tempat kerja **) Suhu (°C)			Kelelahan normal	Berlebihan
1. Beku	di bawah 0		di atas 10	di atas 12
2. Rendah	0-13		10-0	12-5
3. Sedang	13-22		5-0	8-0
4. Normal	22-28		0-5	0-8
5. Tinggi	28-38		5-40	8-100
6. Sangat tinggi	di atas 38		di atas 40	di atas 100
F. Keadaan atmosfer ***)				
1. Baik	Ruang yang berventilasi baik, udara segar			0
2. Cukup	Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan (tidak berbahaya)			0-5
3. Kurang baik	Adanya debu-debu beracun atau tidak beracun tetapi banyak			5-10
4. Buruk	Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan alat pernapasan			10-20
G. Keadaan lingkungan yang baik				
1. Bersih, sehat, cerah dengan kebisingan rendah				0
2. Siklus kerja berulang-ulang antara 5-10 detik				0-1
3. Siklus kerja berulang-ulang antara 0-5 detik				1-3
4. Sangat bising				0-5
5. Jika faktor-faktor yang berpengaruh dapat menurunkan kualitas				0-5
6. Terasa adanya getaran lantai				5-10
7. Keadaan-keadaan yang luar biasa (bunyi, kebersihan, dll)				5-15
*) Kontras antara warna hendaknya diperhatikan				
**) Tergantung juga pada keadaan ventilasi				
***) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim				
Catatan pelengkap : kelonggaran untuk kebutuhan pribadi bagi : Pria = 0- 2,5% , Wanita = 2-5%				

Dalam melakukan pengukuran, tentunya pengukuran waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dilakukan dengan ideal. Untuk mendapatkan waktu yang ideal, maka dilakukan pengukuran yang sangat banyak. Tetapi hal ini jelas tidak mungkin karena keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya.

Dengan demikian yang diperlukan adalah jumlah pengukuran yang tidak membebankan waktu, tenaga, dan biaya tetapi hasilnya dapat dipercaya. Dengan tidak dilakukannya pengukuran yang banyak, maka diperlukan tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan. Tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan mencerminkan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak.

Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya yang dinyatakan dalam persen. Tingkat keyakinan menunjukkan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian yang juga dinyatakan dalam persen. Misalnya tingkat ketelitian 10% dan tingkat keyakinan 95% yang berarti pengukur membolehkan rata-rata hasil pengukurannya menyimpang sejauh 10% dari rata-rata sebenarnya, dan kemungkinan berhasil mendapatkan hal ini sebesar 95% (Sutalaksana, 2006).

Dalam melakukan pengukuran dibutuhkan data yang seragam, sehingga diperlukan uji keseragaman data. sekelompok data dikatakan seragam bila berada di antara kedua batas kontrol. Bila data yang didapatkan diluar batas kontrol, dinyatakan sebagai data-data yang tak seragam. Berikut merupakan pengujian keseragaman data dalam Sutalaksana (2006) :

- a. Menghitung banyaknya sub grup dengan persamaan :

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (2.2)$$

dimana: k = banyaknya subgroup

N= banyaknya data yang diambil

- b. Mengelompokkan data dalam masing-masing subgroup

Tabel 2.3. Data Pengamatan

Subgroup	Waktu Penyelesaian					Rerata Subgroup
1	X11	X21	X31	...	Xn1	X1
2	X12	X22	X32	...	Xn2	X2
.
.
.
k	X1k	X2k	X3k	...	Xnk	Xk

Keterangan:

Xij : waktu yang diperoleh dari pengamatan (i = 1,2,3,...,n; j = 1,2,3,...,k)

k : banyaknya subgroup

n : banyaknya data masing-masing subgroup

N : banyaknya data pengamatan

- c. Menghitung rata-rata masing-masing subgroup dengan rumus:

$$\bar{X}_k = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.3)$$

Keterangan:

\bar{X}_k : rata-rata subgroup ke k

X_i : data waktu pengamatan ke-i pada subgroup ke-k

n : banyaknya data masing-masing subgroup

- d. Menghitung harga rata-rata dari harga rata-rata subgroup dengan rumus :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{k} \quad (2.4)$$

Dimana :

$\bar{\bar{X}}$: rata-rata dari rata-rata subgroup

$\sum \bar{X}_i$: rata-rata subgroup

k : banyaknya subgroup

- e. Menghitung standar deviasi data menggunakan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (2.5)$$

Dimana :

σ : standar deviasi waktu pengamatan

N : banyaknya data pengamatan

$\bar{\bar{X}}$: rata-rata dari rata-rata subgroup

X_i : waktu penyelesaian yang terukur selama pengamatan

- f. Menghitung standar deviasi dari harga masing-masing subgroup

$$\sigma_{\bar{X}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2.6)$$

Dimana:

$\sigma_{\bar{X}}$: standar deviasi dari harga rata-rata subgroup

σ : standar deviasi waktu pengamatan

n : banyaknya data masing-masing subgroup

- g. Menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah

$$BKA = \bar{x} + 3 \sigma_{\bar{X}} \quad (2.7)$$

$$BKB = \bar{x} - 3 \sigma_{\bar{X}} \quad (2.8)$$

Dimana:

BKA: Batas Kontrol Atas

BKB: Batas Kontrol Bawah

σ_x : Standar deviasi dari harga rata-rata subgroup

h. Menguji kecukupan data

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \quad (2.9)$$

Dimana:

N' : banyaknya data pengamatan hitungan

K : konstanta tingkat keyakinan

S : tingkat ketelitian

Xi : waktu yang diperoleh dari pengamatan

i. Menghitung waktu siklus rata-rata

$$Ws = \frac{\sum Xi}{N} \quad (2.10)$$

Dimana:

Ws : waktu siklus

N : banyaknya data pengamatan

Xi : waktu yang diperoleh dari pengamatan

2.2.2. Coordinate Measuring Machine (CMM)

Coordinate Measuring Machine atau yang biasa disebut CMM adalah sebuah mesin yang digunakan untuk melakukan pengukuran sebuah benda kerja agar diketahui dimensinya dengan cara menyentuh titik-titik tertentu sesuai dengan spesifikasi dari produk yang dihasilkan secara otomatis. Pengoperasian mesin CMM menggunakan *software* khusus yang memuat spesifikasi produk, gambar 3D produk, jenis *stylus* yang digunakan, dan mempunyai *output* yang mudah dibaca. Pada *check sheet* mesin CMM terdapat dimensi produk yang mudah dibaca dengan bantuan anak panah ke kanan dan ke kiri. Anak panah yang menghadap kanan mempunyai nilai positif, sedangkan anak panah yang menghadap kiri mempunyai nilai negatif.

Dalam melakukan inspeksi, kecepatan pergerakan mesin CMM dapat dikendalikan oleh operator CMM sesuai dengan kerumitan dari produk yang diinspeksi. Meskipun pergerakan mesin CMM cepat, nilai yang dihasilkan memiliki tingkat ketelitian yang sangat tinggi. Untuk mendapatkan data-data dari dimensi produk, mesin CMM dibantu sebuah benda berbentuk seperti jarum atau yang biasa disebut dengan *stylus*. *Stylus* ini yang bersentuhan langsung dengan benda kerja dan secara otomatis masuk ke dalam *software* CMM yang menghasilkan titik-titik koordinat dan kemudian diubah menjadi sebuah nilai. Dalam melakukan proses

inspeksi, terdapat beberapa bagian yang berkaitan dan mempengaruhi hasil inspeksi, bagian tersebut antara lain :

- a. Meja datar digunakan untuk menempatkan *part* inspeksi, biasanya meja ini terbuat dari granit.
- b. Kaki meja untuk menopang seluruh beban mesin CMM. Beberapa mesin CMM juga dilengkapi *air damper* untuk mengurangi efek getaran yang berasal dari dalam maupun luar ruangan CMM
- c. *Joystick* merupakan sebuah alat yang digunakan untuk mengoperasikan mesin CMM secara manual. Biasanya digunakan untuk mencari titik awal pada produk sebelum dilakukan inspeksi secara otomatis
- d. Sensor digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam pengukuran karena mesin CMM sangat diandalkan keakuratannya. Sensor yang biasanya digunakan mesin CMM antara lain *temperature sensor*, *home position sensor*, *air pressure sensor*, dan *stylus*
- e. *Stylus* merupakan sebuah alat yang digunakan sebagai perantara agar mesin CMM mendapatkan titik koordinat dengan cara melakukan kontak langsung dengan benda kerja
- f. *Software* digunakan sebagai penghubung antara pengguna dengan mesin untuk mengoperasikan mesin CMM