

## BAB 3

### DASAR TEORI

#### 3.1. Asal dan Sejarah Rekayasa Nilai.

Asal-usul dari teknik Rekayasa Nilai, seperti yang kita ketahui hari ini, dapat kita lihat kembali jejak usaha perang dunia ke-2 untuk merawat dan meningkatkan produksi dari seluruh item terhadap kelangkaan dari pemakaian strategi tradisional. Itu adalah sebuah periode kelangsungan hidup ketika beberapa material kritikal sulit untuk didapatkan. Kekurangan bahan pangan memaksa secara besar-besaran penggantian banyak material. Berberapa penggantian, antara lain jaminan ketersediaan, juga penurunan biaya, kebutuhan akan kepuasan dan pada banyak kasus, perbaikan produk dan daya gunanya.

Tuan Henry Erlicher, *Vice President*, Bagian Pembelian, pada *General Electric Company, USA*, mengamati bahwa sebuah pengaturan pendekatan dapat membuat perwujudan dari tujuan perbaikan ini terjadi, yang disebabkan oleh usaha dan munculnya tekanan. Ia menugaskan tuan Lawrence D. Miles, sebagai agen Pembelian, dengan dua gelar teknik dan pendidikan, untuk melakukan penyelidikan ini. Hasilnya adalah metodologi dan teknik yang disebut Analisis Nilai (*value analysis*). Dalam perkembangannya *value analysis* berkembang menjadi *value engineering*. Rekayasa Nilai telah jauh ada semenjak Miles pertama kali membentuk konsep dan metodologi penyusunannya.

### 3.2. Prinsip dalam Rekayasa Nilai

Rekayasa Nilai merupakan aplikasi sistematis dari pengetahuan teknik yang mengidentifikasi fungsi dari produk atau jasa, membuat *monetary value* untuk fungsi tersebut, dan memberikan kehandalan fungsi yang dibutuhkan dengan semua biaya yang paling murah.

(Iyer, 2000) Formulasi nilai dalam rekayasa nilai dapat digambarkan dengan persamaan dibawah ini:

$$\text{Value} = \frac{\text{Function}}{\text{Cost}} \quad (3.1)$$

Dimana, *Value* : Nilai

*Cost* : Biaya

*Function* : Fungsi

Dapat dijelaskan disini bahwa nilai dari suatu produk akan meningkat, jika fungsi dari produk tetap tetapi biaya produksi berkurang atau biaya produksi tetap tapi terdapat perbaikan fungsi atau penambahan fungsi.

Menurut (Iyer, 2000), penambahan nilai suatu produk dapat dilakukan dengan cara :

- a. Memperbaiki persamaan atau dayaguna serupa yang lebih baik atau biaya yang lebih rendah, yaitu dengan meng-upgrade dayaguna produk.
- b. Memberikan bentuk, penampilan, dayatarik dan feature yang sesuai dengan keinginan *customer*, yakni dengan memperbaiki produk *esteem*.
- c. Menjaga kualitas ketika direduksi biayanya atau meningkatkan kualitas ketika biayanya tetap atau keduanya.
- d. Mengenali, memisahkan dan menghilangkan biaya yang tak berguna dan unsur yang tak perlu pada produk

dan pelayanan, yakni dengan *cost prevention* atau *cost avoidance*, untuk mereduksi biaya.

- e. Mengeksploitasi pengembangan teknologi, memperluas pengetahuan dan berkreasi dengan item baru, yakni dengan berinovasi dan berkeaktivitas.
- f. Mencegah penggunaan yang tak perlu pada sumberdaya. Sumberdaya, merupakan aplikasi yang mesti mereka pusatkan, himpun, kombinasikan, lindungi, digunakan kembali dan perbaiki secara cepat, dapat membuat hasil kembali lebih cepat.
- g. Mengendalikan *ratio* nilai terhadap harga. Pendapatan nilai pengembalian untuk biaya, kualitas *reliability* dan lain-lain, dan memberikan hal yang benar dan sesuatu yang lebih.
- h. Membuat pasangan material sendiri untuk customermu. Perluasan pengembalian terhadap *customer* (dengan penggantian, batasan atau reduksi biaya variabel.), *revenue* (dengan volume yang tinggi), *earnings* (dengan perbaikan margins melalui penambahan *feature* baru dan mamfaat pada produk tersebut, pelayanan atau sistem), atau segmen pasar (melalui peningkatan produktivitas, mengkontribusikan nilai secara nyata yang memberikan keuntungan secara kompetitif.).

*Value Engineering* menjamin keefektipan biaya, dengan mengidentifikasi biaya yang tak berguna dan menghindari penggunaan sumberdaya yang tak perlu (Iyer, 2000).

### **3.3. Langkah-Langkah dalam Membuat Rencana Kerja Rekayasa Nilai**

#### **3.3.1. Fase Umum**

Pada fase ini merupakan fase persiapan untuk melakukan penelitian dengan menyusun tingkatan sesuai dengan beban kerja, mengidentifikasi pembuat keputusan, memilih wilayah kajian, menentukan spesifikasi tugas pada masing-masing anggota kelompok dan menginspirasi mereka untuk bekerjasama dalam kerja kelompok.

#### **3.3.2. Fase Informasi**

Pada fase ini merupakan fase pengumpulan informasi yang terkait dengan objek penelitian, dimana permasalahan dipecah kedalam tingkatan yang lebih spesifik, menghindari pandangan umum. Semua faktor-faktor, ketelitian dan data yang sangat berarti dikumpulkan untuk membantu dalam membuat keputusan.

#### **3.3.3. Fase Fungsi**

Fase ini merupakan kunci dari kajian nilai (Iyer, 2000). Di sini, fungsi dasar dan pendukung ditetapkan. *Keystone* dari Rekayasa Nilai dibuat daftar yang menyatakan fungsi dalam dua kata, kombinasi *Verb Noun*, bentuknya mengidikasikan tindakan item yang melakukan dan yang terakhir, apa yang dilakukan pada atau objek dari tindakan tersebut.

*Verb* merupakan pernyataan fungsi dalam bentuk kata kerja sedangkan *Noun* merupakan objek dari tindakan fungsi pada kata kerja. Pada fase ini ada beberapa tabel yang dapat digunakan antara lain sebagai berikut:

a. Tabel Definisi Fungsi

Tabel ini digunakan untuk menentukan fungsi dari masing-masing komponen. Pada kolom *functional part* komponen dipisah kedalam dua katagori apakah komponen termasuk dalam katagori fungsi utama atau fungsi pendukung yang merupakan inti dari fase fungsi. Pada kolom fungsi komponen dipecah kedalam dua bentuk yaitu fungsi kata kerja dan fungsi kata benda, dimana kata kerja menyatakan tindakan yang dilakukan terhadap objek yang terdapat dalam kata benda. Fungsi kata benda merupakan objek dari tindakan yang dilakukan oleh fungsi kata kerja. *Level assembly* dinyatakan dalam dua bentuk yaitu bentuk dasar yang merupakan rakitan utama dalam produk tersebut dan bentuk pendukung yang merupakan rakitan pendukung dalam produk tersebut. *Remark* merupakan keterangan yang diberikan pada masing-masing fungsi dari komponen tersebut.

Tabel 3.1. Definisi Fungsi (Iyer, 2000)

| Projek          |      |        |      | Ref. no.<br>Date |           |                |           |        |
|-----------------|------|--------|------|------------------|-----------|----------------|-----------|--------|
| Definisi fungsi |      |        |      |                  |           |                |           |        |
| Rakitan :       |      |        |      | Fungsi dasar     |           |                |           |        |
| No. gambar :    |      |        |      |                  |           |                |           |        |
| Jumlah          | Part | Fungsi |      | Fuctional part   |           | Level assembly |           | Remark |
|                 |      | Verb   | Noun | Basic            | Secondary | Basic          | Secondary |        |
|                 |      |        |      |                  |           |                |           |        |
|                 |      |        |      |                  |           |                |           |        |

Fungsi dasar merupakan tujuan utama dari produk atau jasa tersebut dibuat. Fungsi pendukung merupakan tujuan lain, yang secara tidak langsung menyempurnakan tujuan utama, tapi yang mendukungnya.

Fungsi utama dan fungsi pendukung dapat ditentukan dengan menanyakan pertanyaan logika: Jika fungsi yang dipertimbangkan di hilangkan, akankah membuat tujuan dari pembuatannya terpenuhi? Jika jawabannya adalah tidak, maka merupakan fungsi dasar. Jika jawabannya adalah ya, maka merupakan fungsi pendukung.

b. Tabel Klasifikasi fungsi.

Pada tabel ini masing-masing fungsi dari komponen yang sudah diberi tanda pada tabel difinisi fungsi dipecah kedalam dua tabel. Tabel satu yang berisikan seluruh fungsi utama dan tabel yang kedua berisikan seluruh fungsi pendukung. Tiap fungsi pada tabel dibandingkan dengan fungsi yang lain pada tabel tersebut dengan menggunakan tiga titik skala sederhana yaitu :

- (1) Untuk perbedaan tingkat kepentingan yang kecil.
- (2) Untuk perbedaan tingkat kepentingan yang sedang.
- (3) Untuk perbedaan tingkat kepentingan yang besar.

Skala tersebut untuk menentukan bobot tingkat kepentingan untuk masing-masing fungsi relatif terhadap fungsi yang lainnya. Tambahkan bobot tersebut pada masing-masing fungsi. Fungsi yang

memberikan total bobot faktor terbesar sebagai fungsi dasar.

Tabel 3.2. Pembobotan Fungsi (Iyer, 2000)

|   | B  | C  | D  | E  | F  | G  | TOTAL |
|---|----|----|----|----|----|----|-------|
| A | A2 | A2 | A2 | A1 | A3 | A3 | 13    |
|   | B  | B1 | B1 | B2 | B3 | B3 | 10    |
|   |    | C  | D1 | C1 | C2 | C2 | 5     |
|   |    |    | D  | D1 | D2 | D2 | 6     |
|   |    |    |    | E  | E1 | E1 | 2     |
|   |    |    |    |    | F  | F1 | 1     |
|   |    |    |    |    |    | G  | 0     |

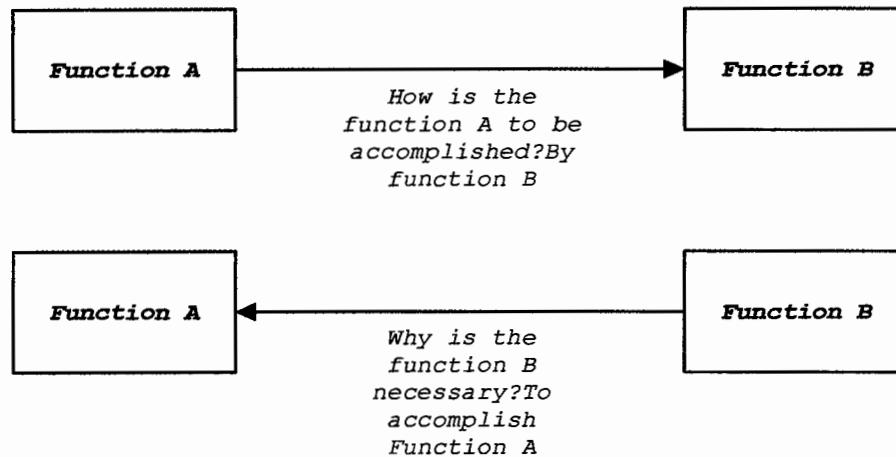
Tabel 3.3. Klasifikasi Fungsi (Iyer, 2000)

| Projek                  |                               | Ref. no: |
|-------------------------|-------------------------------|----------|
|                         |                               | Date:    |
| Function Classification |                               |          |
| Assembly :              |                               |          |
| Drawing no:             |                               |          |
| Key letter              | Function                      | Weight   |
| A                       | Protect part (being shipping) | 13       |
| B                       | Facilitate transport          | 10       |
| C                       | Facilitate stacking           | 5        |
| D                       | Carry part                    | 6        |
| E                       | Locate part                   | 2        |
| F                       | Fasten part                   | 1        |
| G                       | Restrain loosening            | 0        |

c. Tabel Hubungan Fungsi

Pada tabel ini seluruh fungsi yang sudah dibobotkan dalam tabel klasifikasi fungsi dicari hubungannya dengan diidentifikasi menggunakan menanyakan pertanyaan sebagai berikut:

- (1) *How is (the function) to be accomplished?* jawabannya diletakkan pada kolom *How* yang berada disebelah kanan.
- (2) *Why is (the function) necessary?* Jawabannya diletakkan pada kolom *Why* yang berada disebelah kiri. Beberapa fungsi dibawah kolom *How* dan *Why* juga akan mengidikasikan fungsi yang dibutuhkan.



Gambar 3.1. Hubungan Fungsi (Iyer, 2000)

Tabel 3.4. Hubungan Fungsi (Iyer, 2000)

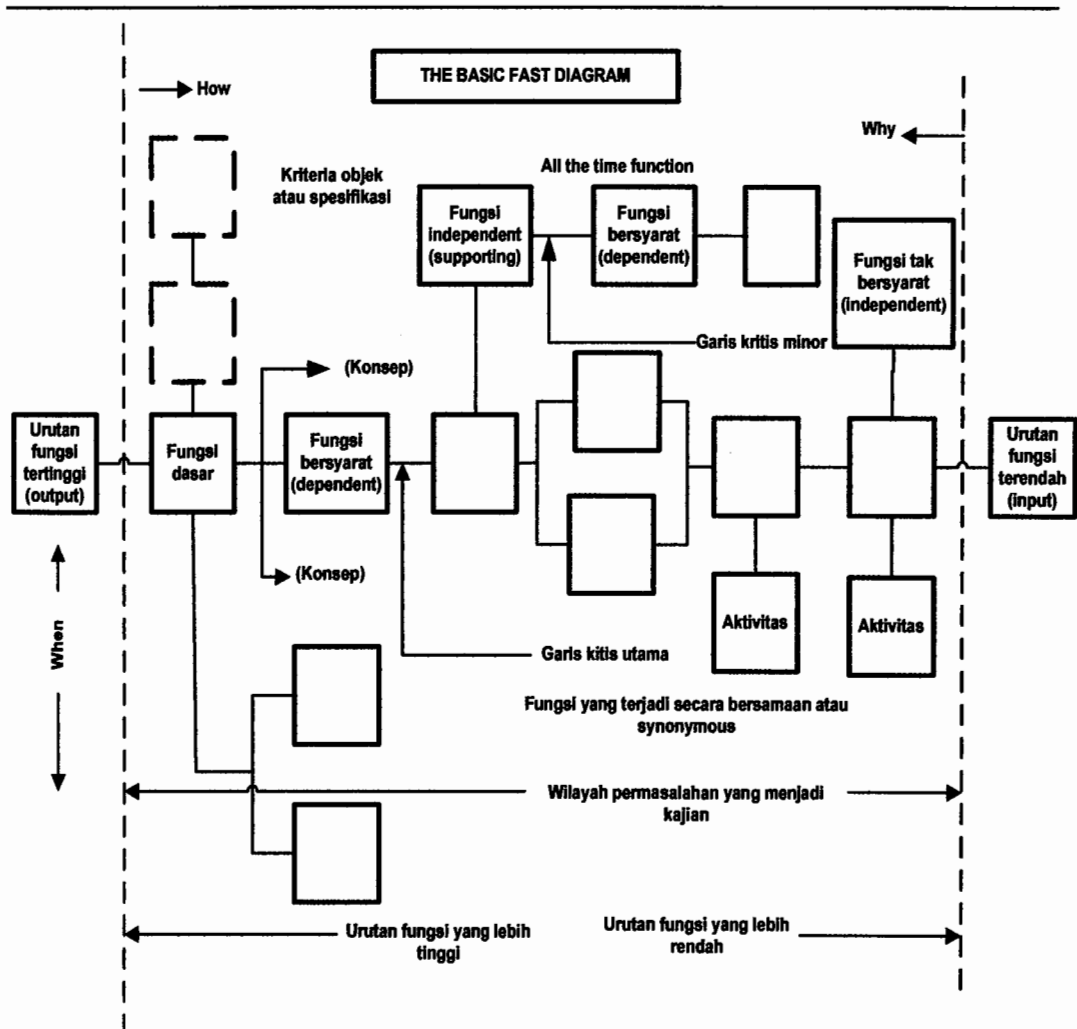
|                       |          |           |
|-----------------------|----------|-----------|
| Project               |          | Ref. no : |
|                       |          | Date :    |
| Function relationship |          |           |
| Why                   | Function | Who       |
|                       |          |           |

d. FAST Diagram

*Function Analisis System Technique* adalah sebuah diagram teknik yang menunjukkan grafik *relationships* dan *inter-relationships* dari seluruh fungsi (Iyer, 2000). Tabel ini akan menyajikan



dalam urutan yang logis dari seluruh fungsi dan menunjukkan keterkaitannya dan prioritas. Ini adalah sebuah metode menganalisis, menyusun dan mencatat fungsi dari sistem, produk, rencana, proses, prosedur dan lain-lain untuk merangsang berpikir dan kreativitas.



Gambar 3.2. FAST Diagram (Iyer, 2000)

e. Tabel Cost Analysis

Tabel ini digunakan untuk mengidentifikasi setiap proses operasi, biaya proses per-unit, biaya

tahunan(*annual cost*) dan fungsi dari proses yang ingin dipertahankan.

Pada kolom proses diisi dengan urutan proses yang dilalui oleh produk yang diteliti. Pada kolom *cost per-unit* diisi dengan biaya setiap proses per-unit produk untuk melihat kisaran biaya pada setiap proses produksinya. Pada kolom *annual cost* diisi dengan biaya tahunan tiap proses jika ada, jika tidak maka tidak perlu diisi. Pada kolom *function secured or disired* diisi dengan tujuan dari setiap proses yang ingin dipertankan atau dieleminasi untuk mendapatkan perbaikan fungsi dan penurunan biaya. Pada kolom *remark* diisi dengan tanda yang menunjukkan bahwa tujuan dari fungsi operasi tersebut dipertahankan yang dinyatakan dalam tanda yang berbeda satu dengan yang lainnya dan proses dari tujuan fungsi yang tidak dipertahankan maka tidak diberi tanda pada kolom remark.

**Tabel 3.5. Analisis Biaya (Iyer, 2000)**

| Project:      |                   | No. Ref:           |             |                             |        |
|---------------|-------------------|--------------------|-------------|-----------------------------|--------|
|               |                   | Tanggal:           |             |                             |        |
| Cost Analysis |                   |                    |             |                             |        |
| No.           | Operation Process | Cost per Unit (Rp) | Annual Cost | Function Secured or Desired | Remark |
|               |                   |                    |             |                             |        |
|               |                   |                    |             |                             |        |
|               |                   |                    |             |                             |        |

f. Tabel *Function-Cost Analysis*

Tabel ini digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen produk, biaya per-komponen produk

dan biaya perfungsi dari masing-masing komponen. Pada kolom *item or part* diisi dengan komponen dari produk yang diteliti untuk mengidentifikasi komponen penyusun dari produk tersebut. Pada kolom *cost per unit* diisi dengan biaya per-unit dari masing-masing komponen yang didapat dari biaya material utama dari komponen tersebut, ditambah biaya tenaga kerja untuk komponen tersebut, ditambah biaya *overhead* dari komponen tersebut dan ditambah biaya material proses dari komponen tersebut. Pada kolom *No. used preassembly or project* bisa diisi dengan no rakitan jika ada. Kolom *function* diisi dengan fungsi dari masing-masing komponen kemudian dibawahnya diisi dengan biaya dari masing-masing fungsi yang dialokasikan oleh masing-masing komponen pada setiap fungsinya dan besarnya diestimasi.

**Tabel 3.6. Function-Cost Analysis (Iyer, 2000)**

| Project:               |              |                |                                  | No. Ref : |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------|--------------|----------------|----------------------------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                        |              |                |                                  | Tanggal : |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Function-Cost Analysis |              |                |                                  | Function  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| No.                    | Item or Part | Cost per Unit. | No. used per assembly or project |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        |              |                |                                  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                        |              |                |                                  |           |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

g. Analisis *Function Cost Worth*

Tabel ini merupakan tabel analisis fungsi biaya terhadap nilai harga (*worth*) yang digunakan untuk melihat indek nilai dari masing-masing fungsi. Pada kolom fungsi diisi dengan fungsi dari masing-masing komponen. Pada kolom *allocated cost* diisi dengan dengan biaya yang dialokasikan pada masing-masing fungsi yang dimiliki tiap komponen yang besarnya diperoleh dari tabel *function-cost analysis*. Pada kolom *function worth* diisi dengan biaya termurah yang digunakan untuk membuat produk tersebut bisa menjalankan fungsinya. Misalkan pensil biaya produksinya Rp 75,00 namun biaya biaya graphite Rp 25,00 maka *function Worth*-nya adalah Rp 25,00 Pada kolom *basis of worth* diisi dengan keterangan material utama yang digunakan sehingga fungsi tersebut dapat dipenuhi, misalnya pada pensil material utamanya adalah *graphite* maka *basis of worthnya* adalah *graphite*. Pada kolom *value gap* diisi dengan besar biaya yang diperoleh dari pengurangan *Allocated cost* dengan *function worth*.. Pada kolom *value index* diisi dengan *ratio function worth per-allocated cost* (Iyer, 2000).

Tabel 3.7. *Function-Cost Worth Analysis* (Iyer, 2000)

| Project :                    |        |                    | Ref No. :          |                |                 |                   |
|------------------------------|--------|--------------------|--------------------|----------------|-----------------|-------------------|
|                              |        |                    | Tanggal :          |                |                 |                   |
| Function-Cost-Worth Analysis |        |                    |                    |                |                 |                   |
| No.                          | Fungsi | Allocated Cost "C" | Function Worth "W" | Basis of Worth | Value gap (C-W) | Value Index (W/C) |
|                              |        |                    |                    |                |                 |                   |
|                              |        |                    |                    |                |                 |                   |

### 3.3.4. Fase Kreasi

Memiliki daya cipta gagasan teknik yang dapat digunakan untuk mencari persamaan dari banyaknya gagasan, produk, proses, metode dan lain-lain, yang menyempurnakan pernyataan fungsi (Iyer, 2000). Pada fase ini ide digali sebanyak mungkin untuk mendapatkan alternatif gagasan sebanyak mungkin. Ide dibangkitkan dengan menggunakan metode kreatif. *Brainstorming* merupakan metode yang dipilih dalam fase ini. Ide-ide yang dibangkitkan berupa kata kerja yang tersusun dalam kolom *Verb* dan kata benda yang tersusun dalam kolom *Noun*. Setiap ide yang dibangkitkan mewakili kata kerja dan kata benda. Pada fase kreasi ini jumlah ide yang banyak lebih baik dari pada kualitas ide. Tabel yang digunakan sebagai berikut.

---

Tabel 3.8. Pembangkitan Ide

| No. | Verb | Noun |
|-----|------|------|
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |
|     |      |      |

---

Gambaran peranturan sederhana yang digunakan (Iyer, 2000) adalah;

- a. Tidak ada kecaman atau kritikan
- b. *Free wheeling* yang diinginkan
- c. Jumlah yang dibutuhkan
- d. Kombinasi dan perbaikan yang dicari

Tipe talenta atau *skill* yang harus dimiliki oleh seseorang berpartisipasi secara efektif dalam proses kreatif yaitu:

- a. Sebuah kemampuan untuk mentranfer atau mengaplikasikan ilmu atau teknologi yang siap digunakan untuk mewujudkan lebih dari satu solusi permasalahan
- b. Kemampuan untuk mengasosiasikan ide yang antara lain, hal pertama memunculkan yang nampak tidak memiliki hubungan menyeluruh dan keuntungan perspektif barunya pada sebuah masalah lama.
- c. Kemampuan untuk mendefinisi ulang sebuah permasalahan lama ke dalam cara yang berbeda menurut pendekatan baru atau dimensi untuk analisis lebih jauh dan solusi akhir.
- d. Sebuah kemampuan untuk menghayal atau menggunakan pada proses berfikir tanpa batasan dan menjadi pola yang melebihi cara berfikir tradisional untuk tidak menjadi kebiasaan dimana banyak ide baru mungkin bohong.
- e. Sebuah kemampuan untuk menjaga dan menggunakan sifat keingintahuan yang telah kita miliki.

### **3.3.5. Fase Evaluasi**

Pemikiran yudisial mesti dibawa ke dalam penggunaan aktif. Banyaknya gagasan umum pada fase kreasi ini dinilai, dimodifikasi, disaring dan dikombinasikan untuk menghasilkan proposal usulan. Pada fase ini ide yang telah disusun pada fase kreasi diranking secara objektif untuk mendapat ide yang memiliki nilai bobot yang paling besar.

Menurut metode dari evaluasi (Iyer, 2000) kemampuan kerja solusi yang dikembangkan harus dievaluasi dan dapat dirangking. Daya terima dari solusi mesti sesuai kriteria dan tujuannya dibuat.

Evaluasi adalah sebuah pemangkasan pohon (*tree-pruning*), pengumpulan dan eliminasi proses. Ide terbaik dari proses perangking dipilih dan dikembangkan.

Tabel rangking diisi nilai bobot pada kolom bobot secara objektif menurut tingkat kepentingannya berdasarkan jumlah ide. Seandainya jumlah ide adalah 40 maka nilai bobot untuk masing-masing fungsi berkisar antara 1-40 untuk tiap pembobotan. Tahap berikutnya, bobot dari masing-masing fungsi dijumlahkan sehingga diperoleh nilai bobot total dan kemudian dirangking dari urutan terbesar. Pada kolom rangking diisi dengan rangking dari masing-masing fungsi, dimana rangking pertama dipenuhi dengan bobot paling besar.

---

Tabel 3.9. Pembobotan Ide

| Ranking | Verb | Noun | Bobot |
|---------|------|------|-------|
|         |      |      |       |
|         |      |      |       |
|         |      |      |       |
|         |      |      |       |
|         |      |      |       |
|         |      |      |       |
|         |      |      |       |

---

Ide terbaik yang terpilih sebagai fungsi alternatif diestimasi biayanya, dievaluasi dan dikembangkan (Iyer, 2000).

### 3.3.6.Fase Investigasi

Ide kreatif dinilai, dievaluasi dan dibandingkan sebagai pokok persoalan yang diteliti (Iyer, 2000). Seluruh perhitungan dan biaya di periksa kembali. Biaya tiap ide dibandingkan untuk melihat proses dan biaya yang akan direduksi. Nilai tiap ide dibandingkan untuk menentukan besar peningkatan nilai produk yang diperoleh dari masing-masing ide. *Value* (nilai) dari suatu produk didapat dengan menggunakan rasio *function per-cost*.

### 3.3.7.Fase Implementasi

Setelah perubahan nilai alternatif dipertimbangkan dari segi mamfaat dan kebaikannya siap untuk direkomendasikan, mendapat persetujuan dan dilakukan implementasi pada fase ini (Iyer, 2000). Tabel implementasi yang digunakan, sebagai berikut:

Tabel 3.10. Financial Aspects and Evaluation of Change Proposed (Iyer, 2000)

|  |          |           |        |                |
|--|----------|-----------|--------|----------------|
| Project :  |          | Ref No. : |        |                |
|  |          | Tanggal : |        |                |
| <b>Financial Aspects And Evaluation Of Change Proposed</b> |          |           |        |                |
| Data Biaya (Unit)  | Sekarang | Usulan    | Saving | Percent Saving |
| Biaya Material   |          |           |        |                |
| Biaya Tenaga Kerja   |          |           |        |                |
| Biaya Overhead   |          |           |        |                |
| Total Biaya Per-Unit (Rp)                                  |          |           |        |                |

Pada tabel aspek financial dan evaluasi, kolom sekarang pada baris biaya material diisi dengan biaya material produk yang sudah ada berdasarkan dasarkan



besar biaya material utama ditambah dengan biaya material proses. Baris biaya tenaga kerja pada kolom sekarang diisi dengan biaya tenaga kerja yang dibutuhkan untuk membuat produk yang sekarang (produk yang sudah ada). Baris biaya *overhead* pada kolom sekarang diisi dengan dengan biaya *overhead* yang dibutuhkan untuk membuat produk sekarang (produk yang sudah ada).

Baris biaya material pada kolom usulan diisi dengan biaya material utama dan material proses dari ide yang terpilih dalam fase investigasi. Baris biaya tenaga kerja pada kolom usulan diisi dengan biaya tenaga kerja yang diperlukan untuk mewujudkan ide tersebut berdasarkan estimasi biaya yang dilakukan pada fase evaluasi dan investigasi. Baris biaya *overhead* diisi dengan biaya *overhead* yang dibutuhkan untuk membuat ide pada fase investigasi dapat diimplementasikan berdasarkan estimasi biaya pada fase evaluasi dan investigasi.

Besar nilai pada kolom *saving* diperoleh dari pengurang nilai biaya pada kolom sekarang dengan nilai biaya pada kolom usulan. Baris biaya material pada kolom *saving* diisng dengan jumlah penghematan biaya material yang diperoleh dengan mengimplementasikan ide yang terpilih pada fase investigasi. Besar nilainya pada kolom *saving* diperoleh dari pengurang biaya material pada kolom sekarang dengan biaya material pada kolom usulan.

Baris biaya tenaga kerja pada kolom *saving* diisng dengan jumlah penghematan biaya tenaga kerja yang diperoleh dengan mengimplementasikan ide yang

terpilih pada fase investigasi. Besar nilainya pada kolom *saving* diperoleh dari pengurang biaya tenaga kerja pada kolom sekarang dengan biaya tenaga kerja pada kolom usulan.

Baris biaya *overhead* pada kolom *saving* diising dengan jumlah penghematan biaya *overhead* yang diperoleh dengan mengimplementasikan ide yang terpilih pada fase investigasi. Besar nilainya pada kolom *saving* diperoleh dari pengurang biaya *overhead* pada kolom sekarang dengan biaya *overhead* pada kolom usulan.

Nilai pada kolom persen *saving* diperoleh dari persentase nilai penghematan berdasarkan jumlah total penghematan. Baris biaya material pada kolom persentase *saving* diisi dengan nilai yang diperoleh dari rasio penghematan biaya material dengan nilai total penghematan. Baris biaya tenaga kerja pada kolom persentase *saving* diperoleh dari *ratio* penghematan biaya tenaga kerja dengan nilai total penghematan. Baris biaya *overhead* pada kolom persentase penghematan diisi dengan nilai *ratio* penghematan biaya *overhead* dengan nilai total penghematan.

#### **3.4. Metode Perancangan**

Metode perancangan adalah setiap prosedur, teknik, bantuan dan peralatan yang digunakan untuk perancangan. Hal-hal tersebut mewakili sejumlah aktivitas tertentu yang mungkin digunakan oleh perancang dan dikombinasikan dalam suatu proses perancangan keseluruhan (Cross, 1994).

### 3.4.1. Metode Kreatif

Ada beberapa metode perancangan yang ditujukan untuk membantu merangsang cara berpikir kreatif. Pada umumnya metode-metode ini mencoba untuk meningkatkan aliran ide dengan cara menghilangkan penghalang mental yang menghambat kreativitas atau dengan memperluas area pencarian solusi (Cross, 1994). Cara-cara dalam metode kreatif antara lain:

#### a. *Brainstorming*

Metode Kreatif yang paling banyak dikenal adalah *brainstorming*. Ini adalah suatu metode untuk menghasilkan ide dalam jumlah yang banyak, sebagian besar kemudian akan dibuang, tetapi beberapa ide yang menarik akan ditindaklanjuti. Metode *brainstorming* biasanya dilakukan dalam kelompok kecil yang terdiri dari 4 sampai 8 orang. Kelompok tersebut terdiri dari beraneka macam orang. Tidak hanya dari orang yang ahli tetapi juga orang-orang yang juga mengenal permasalahan tersebut.

#### b. *Synectics*

Pemikiran yang kreatif seringkali digambarkan pada pemikiran analogis, pada kemampuan untuk melihat persamaan atau hubungan antara topik-topik yang jelas perbedaannya. Penggunaan pemikiran analogis yang terbentuk pada metode perancangan kreatif disebut sebagai *Synetic*. *Synetic* seperti halnya dengan *brainstorming* adalah suatu kelompok aktivitas dimana sikap kritis sangat berperan dan anggota kelompok berusaha untuk membangun, mengkombinasikan dan mengembangkan ide-ide penyelesaian kreatif dalam menyelesaikan masalah.

*Synetic* berbeda dengan *brainstorming*, dimana kelompok mencoba untuk bekerja bersama untuk memperoleh solusi permasalahan, daripada membangkitkan banyak ide. *Synectic* jauh lebih lama dan lebih banyak tuntutan dibandingkan dengan *brainstorming*.

c. Perluasan Daerah Penelitian

Bentuk penghalang berpikir kreatif yang paling umum adalah mengasumsikan batasan yang lebih sempit dimana solusi dilihat. Teknik-teknik kreatif adalah bantuan untuk memperluas daerah penelitian. Beberapa teknik kreatif untuk memperluas area penelitian adalah *Transformation*, *Random Input*, *Why? Why? Why?* dan *counter planning*. Metode-metode di atas dipakai untuk membangkitkan ide-ide kreatif, namun ide orisinal dapat muncul secara spontan tanpa penggunaan bantuan untuk berpikir kreatif.

### **3.4.2. Metode Rasional**

Metode rasional menganjurkan suatu pendekatan sistematis dalam perancangan. Metode rasional sering memiliki tujuan yang hampir sama dengan metode kreatif, seperti memperluas daerah pencarian untuk mendapat solusi potensial, atau memfasilitasi kelompok kerja dan kelompok pengambil keputusan. Jadi tidak sepenuhnya benar bahwa metode rasional merupakan lawan atau kebalikan dari metode kreatif (Cross, 1994).

Beberapa perancang mencurigai metode rasional, mereka khawatir jika metode ini dapat mengekang kreativitas. Hal ini merupakan kesalahpahaman dari maksud perancangan sistematis, yang berarti untuk

meningkatkan keputusan kualitas rancangan dan kualitas akhir dari produk. Beberapa tahapan dalam proses perancangan berdasarkan metode rasional adalah sebagai berikut:

a. *Clarifying Objectives*

Tahap penting pertama dalam perancangan adalah bagaimana mencoba untuk menjelaskan tujuan perancangan. Pada kenyataannya akan sangat membantu pada keseluruhan tahap perancangan, bila tujuan perancangan sudah jelas, walaupun tujuan itu dapat berubah selama proses perancangan. Tujuan awal dan sementara dapat berubah, meluas atau menyempit, atau benar-benar berubah asalkan permasalahan menjadi lebih dimengerti dan sepanjang penyelesaian ide-ide dapat berkembang.

Salah satu metode yang bisa dipakai dalam menjelaskan tujuan adalah metode pohon tujuan (*Objectives Tree*). Metode ini menawarkan format yang jelas dan berguna untuk pernyataan tujuan. *Objectives Tree* menunjukkan tujuan dan maksud umum untuk pencapaian tujuan yang sedang dalam pertimbangan. Metode ini menunjukkan bentuk diagramatis dimana tujuan-tujuan yang berbeda dihubungkan satu sama lain, serta pola hirarki tujuan dan sub tujuan. Prosedur dalam suatu *Objectives Tree* membantu menjelaskan tujuan dan mencapai persetujuan di antara klien, manager dan anggota tim perancangan. Langkah-langkah dalam pembuatan *Objectives Tree* adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan daftar tujuan perancangan. Daftar ini diambil dari ringkasan perancangan, dari

pernyataan kepada klien dan dari diskusi di dalam perancangan.

- 2) Membuat daftar susunan ke dalam kumpulan tujuan tingkat tinggi dan tingkat rendah. Perluasan daftar tujuan dan sub tujuan secara kasar dapat dikelompokkan ke dalam tingkatan hirarki.
- 3) Menggambarkan diagram *Objectives Tree*, hubungan hirarki dan garis hubungannya. Cabang-cabang atau akar dalam pohon menggambarkan hubungan yang mengusulkan bagaimana mencapai tujuan.

b. *Establishing Functions*

Salah satu metode yang dipakai pada tahap ini adalah metode analisis fungsi. Metode ini menawarkan cara-cara untuk mempertimbangkan fungsi-fungsi dasar dan tujuan tingkat masalahnya. Fungsi dasar tersebut adalah fungsi dimana alat-alat, produk dan sistem yang akan dirancang harus meyakinkan, tidak peduli dengan komponen fisik yang digunakan. Tingkat permasalahan ditentukan dengan menentukan batasan sekitar sub-kumpulan fungsi yang logis. Prosedur-prosedur dari metode ini adalah:

- 1) Menjelaskan keseluruhan fungsi perancangan dalam hal perubahan *input* menjadi *output*. Tahapan awal dari metode ini adalah menetapkan apa yang harus dicapai dengan desain yang baru dan bukan bagaimana cara mencapainya. Cara yang paling sederhana untuk memperlihatkan hal ini adalah dengan membayangkan produk yang akan dirancang sebagai 'Kotak Hitam' sederhana yang mengubah *input* tertentu menjadi *output* yang diinginkan.

'Kotak Hitam' terdiri dari seluruh fungsi yang diperlukan untuk mengubah *input* menjadi *output*.

- 2) Memecah keseluruhan fungsi menjadi sub-fungsi dasar. Proses perubahan input menjadi output dalam 'Kotak Hitam' adalah hal yang rumit. Fungsi dalam 'Kotak Hitam' dipecah menjadi beberapa sub-fungsi yang memiliki *input* dan *output* sendiri agar lebih jelas. Masing-masing sub-fungsi memiliki *input* dan *output* sendiri-sendiri dan kecocokan diantaranya harus ditinjau. Penambahan sub-fungsi bantuan mungkin saja dilakukan namun tidak akan mempengaruhi secara langsung keseluruhan fungsi.
- 3) Menggambarkan diagram blok yang menggambarkan interaksi antara sub-fungsi. Diagram blok terdiri dari seluruh sub-fungsi yang diidentifikasi terpisah dengan merangkumnya dalam kotak dan menghubungkannya bersama. Kotak hitam dibuat 'tembus pandang', hal ini menyebabkan sub-fungsi dan hubungannya dapat dilihat dengan jelas.
- 4) Menggambarkan batas sistem. Menggambarkan 'Kotak Hitam' diperlukan batasan fungsional produk atau alat yang akan dirancang. Mencari komponen yang tepat untuk menampilkan sub fungsi dan interaksinya. Pada tahap ini dicari alternatif komponen yang sesuai untuk tiap sub fungsi.

#### c. *Setting Requirements*

Metode yang dipakai pada tahap ini adalah *The Performance Spesification Methods*. Metode ini bertujuan membantu menemukan masalah dalam

perancangan. Langkah-langkah metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mempertimbangkan perbedaan tingkatan umum penyelesaian yang dapat diterima. Misalnya ada beberapa pilihan alternatif produk, tipe produk dan ciri-ciri produk.
- 2) Menentukan tingkatan umum yang nantinya akan dioperasikan. Keputusan ini biasanya dibuat oleh konsumen. Tingkatan umum yang lebih tinggi memberikan kebebasan yang lebih untuk perancang.
- 3) Mengidentifikasi atribut yang dibutuhkan. Atribut harus dinyatakan secara bebas untuk solusi tertentu.
- 4) Menyebutkan persyaratan yang diperlukan atribut dengan tepat dan teliti. Spesifikasi harus dalam bentuk kuantitatif dan mengidentifikasikan jarak antar batas jika hal tersebut memungkinkan.

d. *Determining Characteristics*

Dalam menentukan spesifikasi produk, konflik dan kesalahpahaman terkadang dapat timbul dalam tim perancang. Hal ini disebabkan mereka terlalu berfokus pada perbedaan penafsiran pada apa yang harus dispesifikasikan. Metode yang komperhensif untuk mencocokkan antara permintaan konsumen dengan *engineering characteristics* adalah metode *Quality Function Deployment (QFD)* yang merupakan inti dalam proses desain. Prosedur dalam melakukan metode ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasikan permintaan konsumen untuk digunakan dalam atribut produk. Suara konsumen



sangat penting untuk dikenali dan digunakan dalam menentukan atribut produk.

- 2) Menentukan atribut relatif yang penting. Teknik *rank-ordering* atau *points-allocations* derajat dapat digunakan untuk membantu menentukan bobot relatif yang seharusnya dicantumkan pada berbagai atribut.
- 3) Mengevaluasi atribut dari produk saingan.
- 4) Menggambarkan matriks atribut produk dengan *engineering characteristics*
- 5) Mengidentifikasi hubungan antara atribut produk dengan *engineering characteristics*.
- 6) Mengidentifikasi beberapa interaksi yang relevan antara *engineering characteristics*.
- 7) Mengatur target yang sudah ditetapkan agar sesuai dengan *engineering characteristics*.

e. *Generating Alternatives*

Tahap ini merupakan inti atau aspek penting dalam perancangan. Metode yang bisa dipakai adalah *Morphological Chart Method*. *Morphological Chart* ini berguna untuk membangkitkan keseluruhan alternatif solusi dalam perancangan produk, dan mencari solusi baru yang potensial. Tujuan dari pembangkitan alternatif adalah untuk membangkitkan solusi-solusi rancangan alternatif atau memperluas ruang pencarian terhadap solusi-solusi baru yang potensial. Kombinasi yang berbeda dari sub-solusi dapat dipilih dari *morphological chart*, dan diharapkan dapat memunculkan solusi baru yang belum pernah teridentifikasi sebelumnya. Langkah-langkah

dalam pembuatan *Morphology Chart* adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat daftar fitur atau fungsi yang penting bagi produk.
- 2) Membuat daftar cara-cara untuk mencapai fitur atau fungsi tersebut.
- 3) Menggambarkan bagan yang memuat semua sub-solusi yang memungkinkan.
- 4) Mengidentifikasi kombinasi sub-solusi yang memungkinkan.

f. *Evaluating Alternatives*

Alternatif-alternatif perancangan sudah dibuat dan permasalahan yang kemudian muncul adalah memilih alternatif yang terbaik. Metode yang digunakan adalah metode *weighted objectives* (pembobotan obyektif). Metode *weighted objectives* menyediakan peralatan untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif perancangan yang menggunakan perbedaan pembobotan yang obyektif. Tujuan dari metode ini untuk mengambil suatu keputusan alternatif dalam pengembangan alternatif-alternatif yang sudah ada. Pemilihan dilakukan berdasarkan jumlah dari skor dikalikan bobot yang menghasilkan angka terbesar. Langkah-langkah yang dibutuhkan dalam pengerjaan metode *weighted objectives*:

- 1) Membuat daftar tujuan perancangan, dan *objective tree* dapat digunakan untuk membantunya.
- 2) Mengurutkan tingkatan tujuan. Perbandingan menurut pasangan dapat membantu menyusun urutan tingkatan.

- 3) Menentukan pembobotan relatif tujuan. Nilai numeriknya harus di dalam skala interval.
- 4) Menetapkan performansi parameter atau menyusun nilai kegunaan untuk setiap tujuan.
- 5) Menghitung dan membandingkan nilai kegunaan relatif perancangan alternatif. Alternatif terbaik akan memiliki skor terbesar.

g. *Improving Details*

Tahap ini mengevaluasi kembali hasil dari perancangan, baik itu perancangan baru ataupun perancangan lama yang disempurnakan kembali. Metode yang digunakan adalah *value engineering*. Metode ini berfokus pada nilai fungsional suatu produk dan bertujuan untuk meningkatkan perbedaan antara harga dan nilai suatu produk dengan cara mengurangi harga, menambahkan nilai atau keduanya. Langkah-langkah dalam melaksanakan metode *value engineering* adalah sebagai berikut:

- 1) Membuat daftar komponen dari produk secara terpisah dan mengenali fungsi masing-masing komponen tersebut.
- 2) Menentukan nilai dari fungsi yang sudah diidentifikasi.
- 3) Menentukan harga dari komponen-komponen tersebut.
- 4) Mencari alternatif untuk mengurangi harga tanpa mengurangi nilai atau menambah nilai tanpa menambah harga produk.
- 5) Mengevaluasi alternatif-alternatif tadi dan memilih perbaikannya.

### **3.5. Pengukuran Waktu**

Secara garis besar teknik-teknik pengukuran waktu dibagi ke dalam dua bagian, yaitu secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung pengukuran waktu dilakukan di tempat pekerjaan yang bersangkutan, dengan operator dan situasi kerja yang normal. Hal ini dimaksudkan supaya data yang diperoleh merupakan data kondisi yang wajar.

Pengukuran ini dapat dilakukan baik dengan metode jam henti maupun dengan sampling pekerjaan. Pengukuran waktu tidak langsung dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan yaitu dengan membaca tabel-tabel yang sudah tersedia. Cara pengukuran yang termasuk kelompok ini adalah data waktu baku dan data waktu gerakan (Sutalaksana dkk., 1979).

#### **3.5.1. Perhitungan Waktu Secara Langsung dengan Teknik Jam Henti**

Teknik jam henti merupakan perhitungan waktu kerja secara langsung dimana dalam perhitungannya menggunakan *stopwatch*. Cara pengukurannya dapat dilakukan secara kontinyu dan secara terputus-putus. Cara mendapatkan hasil pengukuran waktu yang baik dan dapat dipertanggungjawabkan sebagai hasil pengukuran waktu baku, tidaklah cukup hanya didasarkan atas pengukuran yang dilakukan secara berulang dan teliti dengan menggunakan jam henti. Tetap harus diperhatikan beberapa faktor penentu lainnya, antara lain kondisi kerja, operator, cara pengukuran, jumlah pengukuran dan lain-lain. Sebagian dari hal-hal tersebut dilakukan sebelum melakukan pengukuran. Langkah-langkah yang

harus dilakukan agar tercapai tujuan yang diharapkan adalah sbb (Sutalaksana, 1979):

a. Penetapan tujuan pengukuran.

Tujuan melakukan kegiatan harus ditetapkan terlebih dahulu. Proses pengukuran waktu harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, berapa tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan dari hasil pengukuran tersebut.

b. Langkah pendahuluan atau sebelum melakukan pengukuran.

- 1) Mendefinisikan kegiatan kerja yang akan diukur.
- 2) Memilih operator, operator yang akan dipilih bukan pekerja cepat atau lambat melainkan termasuk pekerja normal, yaitu pekerja yang memiliki kemampuan rata-rata.
- 3) Pelatihan operator yang ditunjuk, agar operator dapat mengenal sistem kerja yang telah dibakukan untuk mencapai kemampuan maksimum.
- 4) Menguraikan pekerja menjadi elemen-elemen kerja yang lebih kecil dengan mempertimbangkan keterbatasan dan syarat-syarat pemilihan elemen. Elemen-elemen inilah yang akan diukur waktunya.
- 5) Mempersiapkan alat-alat pengukuran, yaitu: *stopwatch*, lembar pengamatan, pena, dan papan pengamatan.

c. Langkah pelaksanaan atau pada saat melakukan pengamatan dan pengukuran.

- 1) Mengukur dan mencatat waktu pengamatan setiap elemen kegiatan dengan cara kontinyu, dengan jumlah pengulangan tertentu. Pada tahap ini

jumlah pengukuran adalah sembarang sebagai pengukuran pendahuluan. Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat keyakinan dan ketelitian tertentu yang telah ditetapkan dalam tujuan penelitian.

2) Jika pengamatan dengan cara kontinyu maka data yang diperoleh harus diubah dulu menjadi data terputus-putus.

3) Melakukan pengujian kecukupan data.

Uji kecukupan data adalah uji yang dilakukan untuk mengetahui apakah data anthropometri didapat sudah mencukupi atau belum. Uji ini sangat dipengaruhi oleh:

- Tingkat Ketelitian (dalam persen), adalah penyimpangan maksimum dari hasil pengukuran terhadap nilai yang sebenarnya.
- Tingkat Keyakinan (dalam persen), adalah besarnya keyakinan per-besarnya probabilitas bahwa data yang kita dapatkan terletak dalam tingkat ketelitian yang telah ditentukan.

Rumus umum uji kecukupan data:

$$N' = \left( \frac{\frac{K}{S} \sqrt{N \left( \sum_{i=1}^n X_i^2 \right) - \left( \sum_{i=1}^n X_i \right)^2}}{\sum_{i=1}^n X_i} \right)^2 \quad (3.2)$$

Keterangan:

$N'$  = Jumlah pengukuran yang diperlukan

$N$  = Jumlah pengukuran yang telah dilakukan

Jika  $N' < N$ , maka jumlah data pengamatan sudah cukup.

Jika  $N' > N$ , maka jumlah data pengamatan perlu tambahan data.

Nilai K untuk tingkat kepercayaan tertentu dapat dilihat pada Tabel 3.11.

---

Tabel 3.11. Tingkat Kepercayaan

| Tingkat Kepercayaan         | Nilai K |
|-----------------------------|---------|
| $\leq 68\%$                 | 1       |
| $68\% < 1-\alpha \leq 95\%$ | 2       |
| $95\% < 1-\alpha \leq 99\%$ | 3       |

---

Nilai S untuk tingkat ketelitian tertentu dapat dilihat pada Tabel 3.12.

---

Tabel 3.12. Tingkat Ketelitian

| Tingkat Ketelitian | Nilai S |
|--------------------|---------|
| 5%                 | 0,05    |
| 10%                | 0,10    |

---

4) Melakukan pengujian keseragaman data.

Kegunaan uji keseragaman data adalah untuk mengetahui homogenitas data dan apakah data tersebut berasal dari satu populasi yang sama. Tahapan dalam uji keseragaman data adalah sebagai berikut:

- Membagi data ke dalam suatu sub grup (kelas):  
Penentuan jumlah sub grup dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (3.3)$$

dimana N = jumlah data.

- Menghitung harga rata-rata dari harga rata-rata sub grup dengan:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^k \bar{X}_i}{k}, \quad (3.4)$$

dimana:

$\bar{X}_i$  = Harga rata-rata dari sub grup ke-i

k = Jumlah sub grup yang terbentuk

- Menghitung standar deviasi (SD), dengan:

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} : \text{ untuk populasi} \quad (3.5)$$

$$\sigma = SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} : \text{ untuk sampel} \quad (3.6)$$

dimana:

N = jumlah data amatan pendahuluan yang telah dilakukan.

$X_i$  = data amatan yang didapat dari hasil pengukuran k-i

- Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup dengan rumus:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3.7)$$

dimana n = ukuran satu sub grup

- Menentukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dengan rumus:

$$\begin{aligned} B.A &= \bar{X} + 3\sigma_{\bar{x}} \\ B.B &= \bar{X} - 3\sigma_{\bar{x}} \end{aligned} \quad (3.8)$$

dengan n = ukuran satu sub grup

- 5) Melakukan pengujian kenormalan data.

Salah satu instrumen uji statistik dengan metode nonparametrik adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* (Uji



K-S). Instrumen uji statistik digunakan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan antara distribusi frekuensi observasi dan distribusi frekuensi teoritisnya. Uji K-S juga merupakan ukuran ketepatan (*goodness of fit*) suatu distribusi frekuensi teoritis (frekuensi harapan), seperti pada pengujian *chi-square* yang digunakan pada metode statistika parametrik (Algifari, 1997).

Singkatnya tes ini mencakup penghitungan distribusi frekuensi kumulatif yang akan terjadi di bawah distribusi teoritisnya, serta membandingkan distribusi frekuensi itu dengan distribusi frekuensi kumulatif hasil observasi. Distribusi teoritis tersebut merupakan representasi dari apa yang diharapkan di bawah  $H_0$ .

Tes *Kolmogorov-Smirnov* memusatkan perhatian pada deviasi terbesar. Harga  $F_0(X) - S_N(X)$  terbesar dinamakan deviasi maksimum. Dalam penghitungannya *Tes Kolmogorov-Smirnov*, inilah langkah-langkahnya:

- Tetapkan fungsi kumulatif teoritisnya, yakni distribusi kumulatif yang diharapkan di bawah  $H_0$ .
- Aturlah skor-skor yang diobservasi dalam suatu distribusi kumulatif dengan memasang setiap interval  $S_N(X)$  dengan interval  $F_0(X)$  yang sebanding.

- Untuk tiap-tiap jenjang pada distribusi kumulatif, kurangilah  $F_0(X)$  dengan  $S_N(X)$ .

- Carilah  $D$ , dengan rumus:

$$D = \text{maksimum } | F_0(X) - S_N(X) | \quad (3.9)$$

- Lihatlah harga-harga kritis  $D$  dalam tes 1 sampel *Kolmogorov-Smirnov* untuk menemukan kemungkinan yang dikaitkan dengan munculnya harga-harga sebesar harga  $D$  observasi di bawah  $H_0$ . Jika  $p$  sama atau kurang dari  $\alpha$ , tolaklah  $H_0$  (Siegel, 1994).

### 3.5.2. Perhitungan Waktu Tidak langsung

Perhitungan waktu baku merupakan perhitungan waktu tidak langsung yang merupakan kelanjutan dari perhitungan waktu langsung. Jika semua data yang didapat telah memiliki keseragaman yang dikehendaki, dan jumlahnya telah memenuhi tingkat-tingkat ketelitian serta keyakinan yang diinginkan, maka selanjutnya adalah mengolah data tersebut sehingga memberikan waktu baku (Sutalaksana dkk., 1979). Cara yang dipergunakan sebagai berikut:

a. Menghitung waktu siklus rata-rata ( $W_s$ ):

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N} \quad (3.10)$$

dengan :

$X_i$  = waktu amatan

$N$  = jumlah amatan

b. Menghitung waktu normal ( $W_n$ ):

$$W_n = W_s \times p \quad (3.11)$$

dengan :

$p$  = faktor penyesuaian

Faktor penyesuaian ini diperhitungkan jika pengukur berpendapat bahwa operator bekerja dengan kecepatan tidak wajar. Jika pekerja bekerja dengan wajar, maka nilai  $p = 1$ , jika terlalu lambat nilai  $p < 1$ , dan jika terlalu cepat nilai  $p > 1$ .

c. Menghitung waktu baku ( $W_b$ ):

$$W_b = W_n \times (1 + a) \quad (3.12)$$

dimana  $a$  adalah *allowance* yang diberikan kepada pekerja untuk menyelesaikan pekerjaannya disamping waktu normal. Dinyatakan dalam persen dari waktu normal.

### 3.5.3. Faktor Penyesuaian

Suatu ketidakwajaran dalam melakukan suatu pekerjaan hendaknya disesuaikan atau diwajarkan dengan memberikan faktor penyesuaian untuk memperoleh waktu penyelesaian yang normal. Ada beberapa cara atau metode yang digunakan untuk menentukan besarnya faktor penyesuaian (Sutalaksana dkk., 1979):

a. Cara Persentase

Cara ini merupakan cara yang paling awal digunakan dalam melakukan penyesuaian. Besarnya faktor penyesuaian sepenuhnya ditentukan oleh pengukur melalui pengamatannya. Jadi sesuai pengukuran si pengukur akan menentukan harga  $p$  yang menurut pendapatnya akan menghasilkan waktu normal bila dikalikan dengan waktu siklus. Cara ini sangat subjektif dan sangat sederhana.

b. Cara *Shumard*

Cara ini memberikan penilaian berdasarkan kelas-kelas performansi kerja, dimana setiap kelas memiliki nilai tersendiri. Penilaian performansi

menurut *Shumard* diberikan menurut kelas-kelas seperti *superfast*, *fast*, *excellent*, *good*, dan seterusnya dapat dilihat pada Tabel 3.14. Seorang operator yang dianggap bekerja normal diberi penilaian 60. Bila performansi kerjanya dinilai *excellent*, maka dia mendapat nilai 80. Dengan demikian dapat diperoleh faktor penyesuaiannya, yaitu :

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

Jika waktu siklus rata-ratanya sama dengan 276,4 detik, maka waktu normalnya:

$$W_n = 276,4 \times 1,33 = 367,6 \text{ detik}$$

Tabel 3.13. Penyesuaian Menurut Cara *Shumard*

(Sutalaksana dkk., 1979)

| <b>Kelas</b>     | <b>Penyesuaian</b> |
|------------------|--------------------|
| <i>Superfast</i> | 100                |
| <i>Fast +</i>    | 95                 |
| <i>Fast</i>      | 90                 |
| <i>Fast -</i>    | 85                 |
| <i>Excellent</i> | 80                 |
| <i>Good +</i>    | 75                 |
| <i>Good</i>      | 70                 |
| <i>Good</i>      | 65                 |
| <i>Normal</i>    | 60                 |
| <i>Fair +</i>    | 55                 |
| <i>Fair</i>      | 50                 |
| <i>Fair</i>      | 45                 |
| <i>Poor</i>      | 40                 |

c. Cara *Westinghouse*

Cara ini diarahkan pada 4 faktor yang dianggap menentukan kewajaran dan ketidakwajaran dalam bekerja seperti keterampilan, usaha, kondisi kerja, dan konsistensi. Faktor keterampilan didefinisikan

sebagai kemampuan mengikuti cara kerja yang telah ditetapkan. Faktor usaha dimaksudkan sebagai keseriusan atau kesungguhan dari pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya. Faktor kondisi kerja merupakan faktor yang berhubungan dengan manajemen, yaitu faktor yang diterima oleh pekerja tanpa banyak kemampuan mengubahnya (kondisi fisik lingkungan) seperti pencahayaan, sirkulasi udara, temperatur, dan lain-lain. Faktor konsistensi menunjukkan kemampuan pekerja untuk tetap bekerja secara konsisten. Faktor-faktor ini perlu diperhatikan karena kenyataan bahwa pada setiap pengukuran waktu angka-angka yang dicatat tidak pernah semuanya sama, waktu penyelesaian yang ditunjukkan pekerja selalu berubah-ubah dari satu siklus ke siklus lainnya, dari jam ke jam, bahkan dari hari ke hari. Pengelompokan mengenai kelas-kelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.15. berikut ini.

Tabel 3.14. Penyesuaian Menurut Westinghouse  
(Sutalaksana dkk., 1979)

| <b>Faktor</b> | <b>Kelas</b>      | <b>Lambang</b> | <b>Penyesuaian</b> |
|---------------|-------------------|----------------|--------------------|
| Keterampilan  | <i>Superskill</i> | A1             | + 0,15             |
|               |                   | A2             | + 0,13             |
|               | <i>Excellent</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                 |
|               | E2                |                | - 0,10             |
|               | <i>Poor</i>       | F1             | - 0,16             |
| F2            |                   | - 0,22         |                    |
| Usaha         | <i>Excessive</i>  | A1             | + 0,13             |
|               |                   | A2             | + 0,12             |

Lanjutan Tabel 3.14.

| Faktor        | Kelas             | Lambang | Penyesuaian |
|---------------|-------------------|---------|-------------|
|               | <i>Excellent</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>Excellenty</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       | + 0,04      |
|               | <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      |

d. Cara Objektif

Cara yang terakhir ini memperhatikan 2 faktor, yaitu tingkat kecepatan kerja ( $p_1$ ) dan tingkat kesulitan kerja ( $p_2$ ). Kedua faktor inilah yang dipandang secara bersama-sama menentukan harga  $p$  untuk mendapatkan waktu normal.

Kecepatan kerja adalah kecepatan dalam melakukan pekerjaan dalam pengertian biasa. Jika operator bekerja dengan kecepatan wajar diberi nilai satu, atau  $p_1 = 1$ . Apabila kecepatan kerjanya dianggap terlalu tinggi maka  $p_1 > 1$  dan sebaliknya  $p_1 < 1$

jika terlalu lambat. Pada cara objektif ini yang dinilai hanya kecepatannya saja.

Tingkat kesulitan kerja yang dinotasikan dengan  $p_2$  berhubungan dengan penggunaan anggota badan dalam melakukan suatu pekerjaan, apakah ada pedal kaki, koordinasi mata dengan tangan dan sebagainya. Besarnya faktor penyesuaian ( $p$ ) diperoleh dengan mengalikan  $p_1$  dengan  $p_2$ .

Jadi jika untuk suatu pekerjaan diperlukan gerakan-gerakan lengan bagian atas, siku, pergelangan tangan dan jari (C), tidak ada pedal kaki (F), kedua tangan bekerja bergantian (H), koordinasi mata dengan tangan sangat dekat (L), alat yang dipakai hanya memerlukan sedikit control (O), dan berat benda yang ditangani 2,3 kg, maka faktor penyesuaiannya dapat dicari dengan cara objektif yakni,

|                                  |   |     |   |    |
|----------------------------------|---|-----|---|----|
| Bagian badan yang dipakai        | : | C   | = | 2  |
| Pedal kaki                       | : | F   | = | 0  |
| Cara menggunakan kekuatan tangan | : | H   | = | 0  |
| Koordinasi mata dengan tangan    | : | L   | = | 7  |
| Peralatan                        | : | O   | = | 1  |
| Berat                            | : | B-5 | = | 13 |
| <hr/>                            |   |     |   |    |
| Jumlah                           |   |     | = | 23 |

Sehingga  $p_2 = (1+0,23)$  atau  $p_2 = 1,23$ .

Faktor penyesuaiannya dihitung dengan:

$$P = p_1 \times p_2 \quad (3.13)$$

Dengan demikian jika nilai  $p_1$  telah diketahui sama dengan 0,9 maka faktor penyesuaian untuk operator yang bersangkutan adalah:

$$P = 0,9 \times 1,23 = 1,11$$

Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 3.16. berikut ini.

Tabel 3.15. Penyesuaian Tingkat Kesulitan Cara Objektif  
(Sutalaksana dkk., 1979)

| <b>Keadaan</b>   | <b>Lambang</b> | <b>Penyesuaian</b> |
|--|----------------|--------------------|
| <u>Anggota Badan yang Terpakai</u>                             |                |                    |
| Jari   | A              | 0                  |
| Pergelangan tangan dari jari                                   | B              | 1                  |
| Lengan bawah, pergelangan tangan dan jari                      | C              | 2                  |
| Lengan atas, lengan bawah dst                                  | D              | 5                  |
| Badan  | E              | 8                  |
| Mengangkat beban dari lantai dengan kaki                       | E 2            | 10                 |
| <u>Pedal Kaki</u>  |                |                    |
| Tanpa pedal, atau satu pedal dengan sumbu di bawah kaki        | F              | 0                  |
| Satu atau dua pedal dengan sumbu tidak di bawah kaki           | G              | 5                  |
| <u>Penggunaan Tangan</u>                                       |                |                    |
| Kedua tangan saling bantu atau bergantian                      | H              | 0                  |
| Kedua tangan mengerjakan gerakan yang sama pada saat yang sama | H 2            | 18                 |
| <u>Koordinasi Mata dengan Tangan</u>                           |                |                    |
| Sangat sedikit   | I              | 0                  |
| Cukup dekat  | J              | 2                  |
| Konstan dan dekat  | K              | 4                  |
| Sangat dekat   | L              | 7                  |
| Lebih kecil dari 0,04 cm                                       | M              | 10                 |
| <u>Peralatan</u>   |                |                    |
| Dapat ditangani dengan mudah                                   | N              | 0                  |
| Dengan sedikit kontrol   | O              | 1                  |
| Perlu kontrol dan penekanan                                    | P              | 2                  |
| Perlu penanganan hati-hati                                     | Q              | 3                  |
| Mudah pecah, patah   | R              | 5                  |



Lanjutan Tabel 3.15.

| Keadaan          | Lambang | Penyesuaian |    |
|------------------|---------|-------------|----|
| Berat Beban (kg) |         | Tangan Kaki |    |
| 0,45             | B-1     | 2           | 1  |
| 0,90             | B-2     | 5           | 1  |
| 1,35             | B-3     | 6           | 1  |
| 1,80             | B-4     | 10          | 1  |
| 2,25             | B-5     | 13          | 3  |
| 2,70             | B-6     | 15          | 3  |
| 3,15             | B-7     | 17          | 4  |
| 3,60             | B-8     | 19          | 5  |
| 4,05             | B-9     | 20          | 6  |
| 4,50             | B-10    | 22          | 7  |
| 4,95             | B-11    | 24          | 8  |
| 5,40             | B-12    | 25          | 9  |
| 5,85             | B-13    | 27          | 10 |
| 6,30             | B-14    | 28          | 10 |

#### 3.5.4. Faktor Kelonggaran

Faktor ini diberikan untuk hal-hal yang secara nyata dibutuhkan oleh pekerja, seperti untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa *fatigue*, dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan. Kelonggaran perlu ditambahkan setelah mendapatkan waktu normal (Sutalaksana dkk., 1979).

##### a. Kelonggaran untuk kebutuhan pribadi

Kebutuhan pribadi yang dimaksud disini adalah, hal-hal seperti menghilangkan rasa haus, ke kamar kecil, bercakap-cakap dengan rekan kerja sekadar untuk menghilangkan ketegangan ataupun kejemuhan dalam bekerja. Kebutuhan-kebutuhan ini merupakan sesuatu yang mutlak, karena merupakan tuntutan psikologis dan fisiologis yang wajar dan manusiawi, serta dapat menurunkan produktivitas pekerja apabila tidak dilaksanakan. Besarnya kelonggaran

yang diberikan untuk kebutuhan pribadi berbeda-beda dari satu pekerjaan ke pekerjaan lainnya. Berdasarkan penelitian diketahui besar kelonggaran ini berbeda antara pekerja pria dan wanita.

b. Kelonggaran untuk menghilangkan rasa *fatigue*

Penurunan hasil produksi baik jumlah maupun kualitas dapat dijadikan indikator adanya rasa *fatigue* tersebut. Penentuan besarnya kelonggaran ini adalah dengan melakukan pengamatan ketika hasil produksi menurun, namun yang menjadi kendala yaitu masih banyak kemungkinan lain selain rasa *fatigue* yang dapat menyebabkan masalah penurunan hasil produksi tersebut. Jika rasa *fatigue* telah datang dan pekerja harus bekerja untuk menghasilkan *performance* normalnya, maka usaha yang dikeluarkan pekerja lebih besar dari normal dan akan menambahkan rasa *fatigue*. Bila hal ini berlangsung terus-menerus akan dapat menimbulkan *fatigue* total yaitu jika anggota badan yang bersangkutan sudah tidak dapat melakukan gerakan kerja sama sekali walaupun sangat dikehendaki. Hal ini jarang terjadi karena berdasarkan pengalamannya pekerja dapat mengatur kecepatan kerjanya sedemikian rupa sehingga lambatnya gerakan-gerakan kerja ditujukan untuk menghilangkan rasa *fatigue* ini.

c. Kelonggaran untuk hambatan-hambatan tak terhindarkan

Hambatan dalam hal ini ada 2, pertama hambatan yang dapat dihindarkan seperti mengobrol berlebihan serta yang kedua hambatan yang tidak dapat dihindarkan karena berada diluar kekuasaan pekerja

untuk mengendalikannya. Bagi yang pertama jelas harus dihilangkan, sedangkan yang kedua hambatan akan tetap ada dan karenanya harus diperhitungkan dalam perhitungan waktu baku. Beberapa contoh yang termasuk hambatan tak terhindarkan yaitu:

- 1) Menerima atau meminta petunjuk kepada pengawas.
- 2) Melakukan penyesuaian-penyesuaian mesin.
- 3) Memperbaiki kemacetan-kemacetan singkat seperti mengganti alat potong yang patah, memasang kembali ban yang lepas dan sebagainya.
- 4) Mengasah peralatan potong.
- 5) Mengambil alat-alat khusus atau bahan-bahan khusus dari gudang.
- 6) Hambatan-hambatan karena kesalahan pemakaian alat ataupun bahan.
- 7) Mesin berhenti karena aliran listrik mati atau putus.

Besarnya hambatan untuk kejadian-kejadian seperti itu sangat bervariasi dari satu pekerjaan ke pekerjaan yang lain bahkan dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja yang lain karena banyaknya penyebab seperti mesin, prosedur kerja, ketelitian suplai alat dan lain sebagainya.

Tabel 3.16. Kelonggaran (Sutalaksana dkk., 1979)

| Faktor                                 | Contoh Pekerjaan                          |             | Kelonggaran (%) |           |
|--|---|-------------|-----------------|-----------|
|  | Ekivalen Beban (kg)                       |             | Pria            | Wanita    |
| <b>A. Tenaga yg dikeluarkan</b>        |   |             |                 |           |
| 1. Dapat diabaikan                     | Bekerja di meja, duduk                    | Tanpa beban | 0,0-6,0         | 0,0-6,0   |
| 2. Sangat ringan                       | Bekerja di meja, berdiri                  | 0,00-2,25   | 6,0-7,5         | 6,0-7,5   |
| 3. Ringan                              | Menyekop, ringan                          | 2,25-9,00   | 7,5-6,0         | 7,5-6,0   |
| 4. Sedang                              | Mencangkul                                | 9,00-18,00  | 12,0-19,0       | 16,0-30,0 |
| 5. Berat                               | Mengayun palu yg 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                    | > 50,00     |                 |           |
| <b>B. Sikap Kerja</b>                  |   |             |                 |           |
| 1. Duduk                               | Bekerja duduk, ringan                     |             | 0,0-1,0         |           |
| 2. Berdiri diatas 2 kaki               | Badan tegak, ditumpu 2 kaki               |             | 1,0-2,5         |           |
| 3. Berdiri diatas 1 kaki               | 1 kaki mengerjakan alat control           |             | 2,5-4,0         |           |
| 4. Berbaring                           | pada bag. Sisi belakang atau depan badan  |             | 2,5-4,0         |           |
| 5. Membungkuk                          | Badan dibungkukkan bertumpu pd ke-2 kaki  |             | 4,0-10,0        |           |
| <b>C. Gerakan Kerja</b>                |   |             |                 |           |
| 1. Normal                              | Ayunan bebas dari palu                    |             | 0,0             |           |
| 2. Agak terbatas                       | Ayunan terbatas dari palu                 |             | 0,0-5,0         |           |
| 3. Sulit                               | Membawa beban berat dg satu tangan        |             | 0,0-5,0         |           |
| 4. Pada anggota-anggota Badan terbatas | Bekerja dengan tangan di atas kepala      |             | 5,0-10,0        |           |
| 5. Seluruh anggota badan terbatas      | Bekerja dilorong pertambangan yang sempit |             | 10,0-15,0       |           |

Lanjutan Tabel 3.16.

| Faktor  | Contoh Pekerjaan   | Kelonggaran (%)  |             |
|---|--|------------------|-------------|
|   |  | Pencapaian       |             |
| D. Kelelahan mata *)                                      |  | Baik             | Buruk       |
| 1. Pandangan yg terputus-putus                            | Membaca alat ukur  | 0                | 1           |
| 2. Pandangan yg hampir terus-menerus                      | Pekerjaan-pekerjaan yg teliti                            | 2                | 2           |
| 3. Pandangan terus-menerus dengan fokus yang berubah-ubah | Memeriksa cacat-cacat pada kain                          | 2                | 5           |
| 4. Pandangan terus-menerus dengan fokus tetap             | Pemeriksaan yang sangat teliti                           | 4                | 8           |
| E. Keadaan Temp. Tempat Kerja **)                         | Temperatur (c)   | Kelemahan normal | Berlebih    |
| 1. Beku   | <0   | di atas 10       | di atas 12  |
| 2. Rendah   | 0-13   | 10 s/d 0         | 12 s/d 5    |
| 3. Sedang   | 13-22  | 5 s/d 0          | 8 s/d 0     |
| 4. Normal   | 22-28  | 0 s/d 5          | 0 s/d 8     |
| 5. Tinggi   | 28-38  | 5 s/d 40         | 8 s/d 100   |
| 6. Sangat Tinggi  | >38  | di atas 40       | di atas 100 |
| F. Keadaan Atmosfer ***)                                  | Contoh Pekerjaan   | Kelonggaran (%)  |             |
| 1. Baik   | Ruangan yang berventilasi baik, udara segar              | 0                |             |
| 2. Cukup Baik   | Ventilasi kurang baik, ada bau-bauan                     | 0-5              |             |
| 3. Kurang Baik  | Adanya debu-debu beracun, atau tidak beracun tapi banyak | 5-10             |             |

Lanjutan Tabel 3.16.

| F. Keadaan Atmosfer<br>***)                                      | Contoh Pekerjaan  | Kelonggaran<br>(%) |
|--|---|--------------------|
| 4. Buruk   | Adanya bau-bauan berbahaya yang mengharuskan menggunakan Alat-alat pernafasan | 10-20              |
| Faktor   |   | Kelonggaran (%)    |
| 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               |
| H. Kelonggaran Kebutuhan Pribadi                                 |   |                    |
| 1. Pria  |   | 0-2,5              |
| 2. Wanita  |   | 2-5                |

Keterangan:

\*) Kontras antar warna hendaknya diperhatikan.

\*\*\*) Tergantung juga pada keadaan ventilasi

\*\*\*) Dipengaruhi juga oleh ketinggian tempat kerja dari permukaan laut dan keadaan iklim.

---