

## BAB 3

### LANDASAN TEORI

#### 3.1. Pengertian Ergonomi

Ergonomi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada suatu sistem tersebut dengan baik dan mencapai tujuan yang diinginkan dengan efektif, aman, dan nyaman (Tarwaka dan Sudiajeng, 2004). Berdasarkan definisi ini, fokus ilmu ergonomi adalah manusia dalam arti bahwa sedapat mungkin sistem kerja disesuaikan dengan sifat, kemampuan, dan keterbatasan manusia.

Menurut sudut pandang ergonomi, tuntutan tugas dan kapasitas kerja harus selalu dalam garis keseimbangan sehingga dicapai performansi kerja yang tinggi. Tuntutan tugas yang diberikan tidak boleh terlalu rendah (*underload*) dan juga tidak boleh terlalu berlebihan (*overload*).

Menurut Tarwaka dan Sudiajeng (2004), performansi atau kemampuan kerja seorang pekerja tergantung pada perbandingan antara besarnya tuntutan kerja dengan besarnya kemampuan pekerja tersebut, apabila:

1. Tuntutan tugas lebih besar dari kemampuan atau kapasitas pekerja, maka dapat menyebabkan *overstress*, kelelahan, kecelakaan kerja, cedera, rasa sakit, penyakit, dan lain-lain.
2. Tuntutan tugas lebih rendah dari kemampuan pekerja, maka dapat menyebabkan *understress*, kebosanan, kejenuhan, dan lain-lain.

3. Tuntutan tugas seimbang dengan kemampuan pekerja, maka akan tercapai kondisi kerja yang nyaman, aman, dan produktif.

### **3.2. Aktivitas Kerja Manusia**

Kegiatan manusia terdiri atas kerja fisik dan mental yang masing-masing memiliki intensitas yang berbeda-beda. Intensitas pekerjaan yang terlalu tinggi memungkinkan penggunaan energi berlebihan sehingga menimbulkan kelelahan fisik. Sebaliknya, intensitas pekerjaan yang terlalu rendah memungkinkan munculnya rasa jenuh atau bosan. Tingkat intensitas yang optimum ada di antara kedua batasan ekstrim tersebut dan tentunya berbeda-beda untuk tiap individu. Tingkat intensitas kerja yang optimum umumnya dapat dilaksanakan apabila tidak ada tekanan (*stress*) dan ketegangan (*strain*).

### **3.3. Beban Kerja karena Faktor Eksternal**

Menurut Tarwaka dan Sudiajeng (2004), faktor eksternal beban kerja adalah beban kerja yang berasal dari luar tubuh pekerja. Yang termasuk beban kerja eksternal yaitu:

1. Tugas (*task*) baik yang dilakukan secara fisik seperti stasiun kerja, alat dan sarana kerja, alat bantu kerja, sarana informasi termasuk display dan kontrol, maupun yang bersifat mental seperti kompleksitas pekerjaan atau tingkat kesulitan pekerjaan, tanggung jawab terhadap pekerjaan, dan lain-lain.

2. Organisasi kerja yang dapat mempengaruhi beban kerja seperti lamanya waktu kerja, waktu istirahat, kerja malam, sistem kerja, sistem pengupahan, dan lain-lain.
3. Lingkungan kerja yang dapat memberikan beban tambahan pada pekerja adalah:
  - a. Lingkungan kerja fisik seperti suhu, kelembaban udara, intensitas penerangan, kebisingan, getaran mekanis, dan tekanan udara.
  - b. Lingkungan kerja kimiawi seperti debu, gas pencemar udara, uap logam, dan lain-lain.
  - c. Lingkungan kerja biologis seperti bakteri, virus dan parasit, jamur, serangga, dan lain-lain.
  - d. Lingkungan kerja psikologis seperti penempatan tenaga kerja, hubungan antar pekerja, pekerja dan atasan, pekerja dengan keluarga, pekerja dengan lingkungan sosial yang berdampak kepada performansi pekerja di tempat kerja.

#### **3.4. Beban Kerja karena Faktor Internal**

Faktor internal beban kerja adalah beban kerja yang berasal dari dalam tubuh pekerja sendiri sebagai akibat adanya aspek dari beban kerja eksternal. Aspek tersebut dikenal sebagai strain (Tarwaka dan Sudiajeng, 2004). Faktor internal tersebut adalah:

1. Faktor somatis (jenis kelamin, umur, ukuran tubuh, kondisi kesehatan, status gizi, dan lain-lain).
2. Faktor psikis (motivasi, persepsi, kepercayaan, keinginan, kepuasan, dan lain-lain).

### 3.5. Jenis Beban Kerja

Pada dasarnya beban kerja dibedakan menjadi dua, yaitu:

#### 1. Beban Kerja Fisik

Merupakan perbedaan antara tuntutan pekerjaan dengan kemampuan pekerja untuk memenuhi tuntutan pekerjaan itu secara fisik (Hancock & Meshkati, 1988). Beban ini lebih mudah diketahui karena dapat diukur secara langsung dari kondisi fisik pekerja yang bersangkutan, baik secara obyektif maupun subyektif.

#### 2. Beban Kerja Mental

Beban kerja yang dialami seorang pekerja dapat berupa beban fisik, beban mental/psikologis ataupun beban sosial/moral yang timbul dari lingkungan kerja. Beban kerja dirancang sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan baik fisik maupun mental pekerja. Oleh karena itu informasi mengenai beban kerja yang didapat melalui pengukuran menjadi penting. Beban kerja mental adalah penilaian operator dari sisi beban attentional (antara kapasitas motivasinya dengan tuntutan tugas yang diberikan) ketika operator melaksanakan pekerjaan dengan cukup baik dalam kondisi termotivasi. Beban kerja mental berkaitan dengan kebutuhan mental dan ketersediaan sumber daya otak manusia tersebut. Tuntutan/kebutuhan mental berkaitan dengan proses mental yang dibutuhkan dalam suatu aktivitas. Sedangkan sumber daya berhubungan dengan kapasitas proses otak yang tersedia untuk menyelesaikan aktivitas tertentu. Konsep dasar beban kerja mental mengarah kepada perbedaan antara sumber-sumber

pemrosesan yang tersedia untuk operator dan kebutuhan-kebutuhan sumber yang dibutuhkan dalam tugas. Pada dasarnya, beban kerja menjelaskan interaksi antara seorang operator yang melaksanakan tugas dan tugas itu sendiri. Dengan kata lain, istilah beban kerja menggambarkan perbedaan antara kapasitas-kapasitas dari sistem pemrosesan informasi manusia yang diharapkan memuaskan performansi harapan dan kapasitas itu tersedia untuk performansi aktual. Hancock (1988) mendefinisikan beban kerja mental sebagai evaluasi operator terhadap beban marginal (selisih antara kapasitas motivasinya dengan tugas yang diberikan) pada saat melaksanakan pekerjaan dengan cukup baik dalam kondisi termotivasi.

Konsep yang ditekankan disini adalah beban kerja marginal yang merupakan selisih antara tuntutan beban kerja dari suatu tugas dengan kapasitas maksimum (termotivasi) beban mental seseorang dalam kondisi termotivasi. Konsep dan pengukuran beban kerja mental merupakan hal yang kompleks dan dipengaruhi berbagai faktor multi dimensi. Beban mental kerja seseorang dalam menangani pekerjaan dipengaruhi oleh jenis aktivitas dan situasi kerjanya, waktu respon dan waktu penyelesaian yang tersedia, faktor individu seperti tingkat motivasi, keahlian, kelelahan/kejenuhan, dan toleransi performansi yang diijinkan. Faktor yang secara dominan mempengaruhi beban kerja mental ada tiga, yaitu:

- a. Kesibukan (*busyness*). Kecepatan untuk mengontrol tindakan, membuat keputusan, dan frekuensi dari pemberi beban, baik yang mudah maupun yang sulit.
- b. Kompleksitas (*complexity*). Tingkat kesulitan dari tugas serta tingkat konsentrasi yang diperlukan.
- c. Konsekuensi (*consequences*). Prioritas pada keberhasilan dari tugas yang dilaksanakan.

Faktor lain yang mempengaruhi beban kerja mental seseorang dalam menangani suatu pekerjaan antara lain jenis pekerjaan, situasi kerja, waktu respon, waktu penyelesaian yang tersedia, dan faktor individu (tingkat motivasi, keahlian, kelelahan, kejenuhan, dan toleransi performansi yang diijinkan). Menurut Hancock (1988) ada beberapa tujuan praktikal dimana beban kerja mental dapat diaplikasikan:

- a. Untuk mengalokasikan fungsi-fungsi dan tugas-tugas ke dan dari operator berdasarkan pada beban kerja yang telah diprediksikan.
- b. Membandingkan peralatan alternatif dan desain-desain tugas dalam rangka beban kerja yang dipengaruhinya.
- c. Untuk memilih operator yang mungkin mempunyai sumber kapasitas yang lebih tinggi untuk melaksanakan tugas yang mempunyai pengaruh beban tugas yang tinggi.
- d. Memonitor operator-operator dari peralatan yang kompleks beradaptasi terhadap tugas yang sulit atau kondisi-kondisi multi tugas dalam merespon

penurunan dan peningkatan dalam beban kerja mental.

Ada beberapa proses pengukuran dari kognisi beban kerja, walaupun tidak sama sekali cukup dengan sendirinya. Di antaranya adalah sebagai berikut (Pulat,1992):

1. *Psychophysiological index*, variabilitas kecepatan jantung telah diusulkan oleh Kalsbeck sebagai suatu indikator mental bekerja. Kecepatan jantung tidaklah tetap dari suatu waktu tertentu ke waktu berikutnya. Hal tersebut biasanya menunjukkan variabilitas yang naik turun diantara rata-rata. Istilah fisiologis untuk variabilitas ini adalah sinus Arrhythmia. Beberapa ilmuwan menegaskan temuan Kalsbeck dalam penurunan variabilitas kecepatan hati pada waktu adanya beban mental. Hal itu telah diklaim bahwa penurunan pada variabilitas adalah suatu fungsi mental stres dan peningkatan konsentrasi dalam proses informasi.
2. Metode tingkah laku *time sharing*.  
Ini memerlukan performansi yang bersamaan dari satu atau kedua sisi, sepanjang tugas yang utama. Kedua sisi itu adalah yang berhubungan dengan mental kerja. Dengan memperhatikan pada tugas yang utama, tingkat derajat dari performansi berkurang pada sisi tugas tersebut yang dipertimbangkan dalam daftar mental.
3. Penilaian secara subyektif.  
Meskipun dalam interpretasi atau penafsiran kadang tidak jelas pada saat penilaian secara subyektif

terhadap beban mental, mungkin lebih mudah digunakan dibandingkan semua teknik yang sudah dibahas sejauh ini.

### **3.6. Pengukuran Beban Kerja Mental secara Obyektif**

Pengukuran beban mental secara obyektif merupakan pengukuran yang dilakukan pada beberapa anggota tubuh, yaitu denyut jantung, kedipan mata, dan ketegangan otot. Pengukuran secara obyektif ini biasanya dilakukan dengan menggunakan alat antara lain: *electrodermal response*, *electromyography*, *electroencephalograph*, dan lain-lain.

#### **3.6.1. Pengukuran Denyut Jantung**

Salah satu pilihan data yang populer untuk mengetahui beban kerja mental adalah denyut jantung. Pelaksanaan cara ini sangat mudah, karena denyut jantung relatif mudah diukur. Kompleks QRS dasar (*basic QRS complex*) merupakan sinyal biologis yang besar, dan terdapat "noise" listrik kecil yang berdenyut. Waktu antar denyut diperhitungkan sebagai interval antar denyut dan dapat dikonversikan kedalam denyut per menit. Secara umum peningkatan denyut jantung berkaitan dengan meningkatnya level pembebanan kerja. Dengan menggunakan analisis spektral, beberapa peneliti menemukan 3 komponen variabilitas denyut jantung yang berkaitan dengan mekanisme pengendalian biologis. Yang terendah, berkisar antara 0,03-0,06 Hz berhubungan dengan mekanisme pengaturan temperatur. Komponen tengah, mendekati 0,07-0,14 Hz dipercaya berasosiasi dengan pengaturan tekanan darah. Sementara yang ketiga

0,15-0,5 Hz berkesesuaian dengan efek respirasi. Komponen tengah menunjukkan variasi yang berkaitan erat dengan pembebanan kerja mental dari suatu pekerjaan, kekuatan komponen ini berkurang dengan meningkatnya beban kerja yang berarti variabilitas denyut jantung berkurang pada level pembebanan yang tinggi (Karhiwikarta, 1996).

### **3.6.2. Pengukuran Waktu Kedipan**

Pilihan data lain yang berkorelasi dengan tingkat beban kerja mental adalah frekuensi kedipan mata. Mata secara embriologi merupakan perpanjangan otak dalam melaksanakan banyak pemrosesan informasi visual sebelum mencapai otak (Remson dan Clark, 1959). Sejumlah variabel yang berkaitan dengan mata merupakan kandidat untuk pengukuran beban kerja, termasuk pergerakan mata, ukuran pupil, elektroretinogram, dan kedipan mata. Pengukuran kedipan mata menjanjikan hasil yang memuaskan. Penelitian di laboratorium mendemonstrasikan bahwa pekerjaan yang membutuhkan perhatian, terutama perhatian visual, berasosiasi dengan kedipan lebih sedikit dan durasi kedipan yang lebih pendek (Karhiwikarta, 1996).

### **3.6.3. Pengukuran dengan Metode Lain**

Alat ukur Fliker merupakan salah satu alat ukur objektif yang banyak dimanfaatkan saat ini. Alat ini dapat menunjukkan perbedaan performansi mata manusia, melalui perbedaan nilai fliker dari tiap individu. Perbedaan nilai fliker ini umumnya sangat dipengaruhi oleh berat/ringannya pekerjaan, khususnya yang

berhubungan dengan kerja mata. Beberapa alat ukur lain dapat pula dimanfaatkan dalam menilai beban kerja psikologis. Alat-alat ukur ini sebenarnya merupakan ukuran performansi kerja operator. Ukuran-ukuran ini antara lain adalah jumlah kesalahan (*error*) maupun perubahan laju hasil kerja (*work rate*) (Karhiwikarta, 1996).

### **3.7. Pengukuran Beban Kerja Mental secara Subyektif**

Penelitian beban kerja subyektif merupakan salah satu pendekatan psikologi dengan cara membuat skala psikometri untuk mengukur beban kerja mental yang dapat dilakukan baik secara langsung (terjadi secara spontan) maupun tidak langsung (berasal dari respon eksperimen). Metode pengukuran yang berpengaruh dan memberikan *rating* subyektif (Karhiwikarta, 1996). Tujuan dari pengukuran secara subyektif adalah:

1. Menentukan skala pengukuran terbaik berdasarkan perhitungan eksperimental.
2. Menentukan perbedaan skala untuk jenis pekerjaan yang berbeda.
3. Mengidentifikasi faktor beban kerja yang berhubungan secara langsung dengan beban kerja mental.

Pengukuran secara subyektif merupakan pengukuran yang paling banyak digunakan karena mempunyai tingkat validitas yang tinggi dan bersifat langsung dibandingkan dengan pengukuran yang lain. Ada beberapa macam pengukuran beban kerja mental subyektif selain *Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)*, diantaranya:

### 3.7.1. NASA - TLX

Model ini dikembangkan oleh badan penerbangan dan ruang angkasa Amerika Serikat. (NASA Ames Research Center). NASA - *Task Load Index* adalah prosedur rating multi dimensional, yang membagi *workload* atas dasar rata - rata pembebanan enam subskala.

Menurut Hancock (1988), NASA TLX merupakan pengembangan teori dari *rating scale* yang menggunakan sepuluh indikator:

1. *Overall workload (OW)*
2. *Task difficulty (TD)*
3. *Time pressure (TP)*
4. *Performance (OP)*
5. *Physical effort (PE)*
6. *Mental effort (ME)*
7. *Frustration level (FR)*
8. *Stress level (SL)*
9. *Fatigue (FA)*
10. *Activity type (AT)*

Pembobotan untuk *overall workload (OW)* dipisahkan dari yang lain sehingga tersisa sembilan indikator. Setelah melalui beberapa tahap pengujian pada berbagai kondisi pekerjaan, didapatkan bentuk akhir dari skala berdasarkan urutan dari yang paling relevan yaitu *TD*, *TP*, *OP*, *PE*, *ME*, *FR*, *SL*, *FA*, dan *AT*.

Tiga skala pada urutan terakhir dikurangi yaitu *SL*, *FA*, dan *AT*. Dua skala dikombinasikan yaitu *ME* dan *PE* menjadi *EF (effort)* dan *TD* dibagi menjadi dua yaitu *MD (mental demand)* dan *PD (physical demand)*.

Kelebihan NASA TLX:

1. Lebih sensitif terhadap berbagai kondisi pekerjaan.
2. Setiap faktor penilaian mampu memberikan sumbangan informasi mengenai struktur tugas.
3. Proses penentuan keputusan lebih cepat dan sederhana.
4. Lebih praktis diterapkan dalam lingkungan operasional.
5. Analisis data lebih mudah diselesaikan dibanding dengan SWAT yang memerlukan program *conjoint* analisis.

#### **3.7.2. Harper Qooper Rating (HQR)**

HQR adalah suatu alat pengukuran beban kerja dalam hal ini untuk analisa *Handling Quality* dari perangkat terbang di dalam *cockpit*. Metode ini terdiri dari sepuluh angka rating dengan masing-masing keterangannya yang berurutan mulai dari kondisi yang terburuk hingga kondisi yang paling baik, serta kemungkinan-kemungkinan langkah antisipasinya. Rating ini dipakai oleh pilot evaluator untuk menilai kualitas kerja dari perangkat yang diuji didalam *cockpit* pesawat terbang.

#### **3.7.3. Task Difficulty Scale**

Perangkat uji ini dikembangkan dan dipakai oleh AIRBUS CO. Perancis untuk menguji beban kerja statik dalam rangka program sertifikasi pesawat-pesawat yang baru dikembangkannya. Prinsip kerja dari perangkat ini adalah hampir sama dengan prinsip kerja cara *Harper Qooper Rating*, tetapi cara ini lebih ditekankan kepada bagaimana cara menilai tingkat kesulitan dari

pengoperasian instrumen-instrumen kontrol di dalam cockpit.

### **3.8. Subjective Workload Assessment Technique (SWAT)**

SWAT adalah prosedur pemberian skala yang didisain untuk tugas penting yang banyak dari seseorang/individu yang berpengaruh pada mental serta berhubungan dengan pelaksanaan/performansi tugas yang bervariasi. Metode ini dikembangkan oleh Reid dan Nygren dengan menggunakan dasar metode penskalaan *conjoint*. SWAT berbeda dengan pengukuran subyektif lainnya karena dikembangkan dengan teliti dan berakar pada teori pengukuran formal, khususnya teori pengukuran *conjoint*.

Terdapat kelebihan dan kekurangan dari pengukuran beban kerja mental dengan metode SWAT ini. Kelemahan dari SWAT yaitu penggunaan kata-kata secara lisan yang beresiko menimbulkan konotasi yang berbeda untuk setiap individu.

Kelebihan SWAT:

1. Pengukuran dilakukan berdasarkan teori pengukuran formal, yaitu teori pengukuran *conjoint*.
2. Dapat digunakan pada data tunggal maupun berkelompok.
3. Teruji validitasnya (keabsahan)
4. Dapat digunakan untuk penilaian secara global yang diaplikasikan pada ruang lingkup yang lebih luas.

Metode SWAT terdiri atas dua tahap, yaitu tahap pembuatan skala (*scale development*) dan tahap pemberian nilai terhadap hasil penelitian (*event scoring*). Tahap pembuatan skala bertujuan untuk melatih subyek dalam

mempersepsikan beban kerja yang direpresentasikan dalam kombinasi tiga deskriptor yang ada. Tahap *event scoring* merupakan tahap pemberian nilai terhadap hasil persepsi subyek terhadap beban kerja tersebut. Tahap ini dilakukan dengan bantuan program *SWAT*.

### **3.8.1. Tahap pembuatan skala**

Fase ini merupakan aspek utama yang membedakan metoda *SWAT* dengan metoda pengujian beban kerja subjektif lainnya. Deskriptor biasanya menggunakan sejumlah tingkatan angka yang mempresentasikan beban kerja dan subjek harus mengetahui beban kerja yang direpresentasikan oleh angka-angka tersebut. Pada *SWAT* subjek tidak harus mengetahui maksud dari masing-masing tingkatan beban kerja tersebut, tetapi lebih cenderung membuat dugaan (*judgement*) yang memungkinkan pengamat mengetahui bagaimana faktor-faktor dalam *SWAT* berkombinasi (Reid, 1989).

#### **3.8.1.1. Deskripsi Beban Kerja**

Tiga dimensi yang digunakan dalam *SWAT* didefinisikan masing-masing oleh tiga deskriptor untuk menunjukkan beban kerja dari tiap dimensi. Dimensi ini dikembangkan berdasarkan teori yang diajukan oleh Sheridan dan Simpson (1979) dalam mendefinisikan beban kerja pilot. Perkembangan terakhir menunjukkan bahwa *SWAT* ini dapat digunakan secara luas, tidak hanya pada ruang lingkup pilot saja (Reid, 1989). Deskripsi beban kerja *SWAT* adalah sebagai berikut:

## 1. Beban Waktu

Dimensi beban waktu tergantung dari ketersediaan waktu dan kemampuan melangkahi (*overlap*) dalam suatu aktivitas. Hal ini berkaitan erat dengan analisis batas waktu yang merupakan metode primer untuk mengetahui apakah subyek dapat menyelesaikan tugasnya dalam rentang waktu yang telah diberikan. Tingkatan deskriptor beban waktu dalam SWAT adalah (Reid, 1989):

- a. Selalu mempunyai waktu luang. Gangguan atau tabrakan antar aktivitas jarang terjadi atau tidak terjadi sama sekali.
- b. Kadang-kadang mempunyai waktu luang. Gangguan atau tabrakan antar aktivitas sering terjadi.
- c. Hampir tidak memiliki waktu luang. Gangguan atau tabrakan antar aktivitas sering atau selalu terjadi.

## 2. Beban Usaha Mental

Beban usaha mental merupakan indikator besarnya kebutuhan mental dan perhatian yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas, independen terhadap jumlah sub pekerjaan atau batasan waktu. Dengan beban usaha mental rendah, konsentrasi dan perhatian yang dibutuhkan untuk melakukan suatu aktivitas rendah dan performansi cenderung otomatis. Sejalan dengan meningkatnya beban ini, konsentrasi dan perhatian yang dibutuhkan meningkat pula. Secara umum ini berkaitan dengan tingkat kerumitan pekerjaan dan jumlah informasi yang harus diproses oleh subjek untuk melaksanakan pekerjaannya dengan

baik. Usaha mental yang tinggi membutuhkan konsentrasi dan perhatian sesuai dengan kerumitan pekerjaan atau jumlah informasi yang harus diproses. Aktivitas seperti perhitungan, pembuatan keputusan, mengingat informasi, dan penyelesaian masalah merupakan contoh usaha mental. Tingkatan deskriptor beban usaha mental dalam SWAT adalah (Reid, 1989):

- a. Konsentrasi yang dibutuhkan kecil ketika melakukan pekerjaan. Aktivitas hampir terotomasi, membutuhkan perhatian yang sedikit atau tidak sama sekali.
- b. Konsentrasi yang dibutuhkan sedang ketika melakukan pekerjaan. Konsentrasi dibutuhkan untuk pekerjaan yang tidak jelas, tidak terduga, atau tidak biasa.
- c. Konsentrasi yang dibutuhkan tinggi ketika melakukan pekerjaan. Pekerjaan yang kompleks membutuhkan konsentrasi penuh.

### 3. Beban Stres Psikologis

Beban stres psikologis berkaitan dengan kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya kebingungan, frustrasi, dan ketakutan selama melaksanakan pekerjaan dengan demikian menyebabkan penyelesaian pekerjaan tampak lebih sulit dilakukan daripada sebenarnya.

Pada tingkat stres rendah orang cenderung rileks. Seiring dengan meningkatnya stres, terjadi pengacauan konsentrasi terhadap aspek yang relevan dari suatu pekerjaan yang lebih disebabkan oleh faktor individual subyek. Faktor ini antara lain: motivasi, kelelahan, ketakutan, tingkat keahlian,

suhu, kebisingan, getaran, dan kenyamanan. Sebagian besar dari faktor ini mempengaruhi performansi subyek secara langsung jika mereka sampai pada tingkat yang tinggi. Dalam *SWAT* faktor-faktor ini diperhitungkan, meskipun kecil, jika mengganggu dan menyebabkan individu harus mengeluarkan kemampuannya untuk mencegah terpengaruhnya pekerjaan yang dilakukan. Tingkatan deskriptor beban usaha mental dalam *SWAT* adalah (Reid, 1989):

- a. Stres yang muncul kecil ketika melakukan pekerjaan. Terjadi kebingungan, bahaya, frustrasi, atau kecemasan yang sangat kecil dan dapat dengan mudah diatasi.
- b. Stres yang muncul sedang ketika melakukan pekerjaan. Terjadi kebingungan, bahaya, frustrasi, atau kecemasan pada tingkat menengah. Usaha dan pengendalian diri dibutuhkan.
- c. Stres yang muncul tinggi ketika melakukan pekerjaan. Terjadi kebingungan, bahaya, frustrasi, atau kecemasan yang tinggi. Usaha dan pengendalian diri dibutuhkan.

#### **3.8.1.2. Model Pengukuran Kojoint**

##### **1. Model Aditif**

Banyak aturan komposisi yang menggambarkan betapa rumitnya membentuk praduga multifaktor atau multidimensi. Aturan aditif menunjukkan interaksi antara variabel-variabel independen dalam bentuk penjumlahan independen yang menghasilkan efek psikologis gabungan. Aturan aditif ini mendasari *SWAT*. Misalnya  $T_1$  merupakan suatu tingkatan dari

level faktor waktu,  $E_1$  merupakan suatu tingkat dari level faktor usaha mental, dan  $S_1$  merupakan suatu tingkat dari level faktor stres, maka efek dari gabungan ketiga faktor tersebut dapat dihipotesiskan sebagai berikut:

$$f(T_1, E_1, S_1) = f_1(T_1) + f_2(T_1) + f_3(T_1) \dots \dots \dots (3.1)$$

$f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$  merupakan fungsi numerik yang dapat diidentifikasi dan terpisah.

Model aditif seperti yang dijelaskan pada persamaan (3.1) menjadi bagian penting dari teori psikologi. Sampai baru-baru ini, meskipun untuk model sederhana ini, tidaklah mudah untuk mengestimasi fungsi-fungsi tersebut. Teori pengukuran konjoin digunakan untuk mengatasi masalah ini.

Aturan umum dari Kranzt dan Tversky menunjukkan aksioma yang dapat digunakan untuk menunjukkan mana di antara keempat model polynomial yang sesuai untuk menguji satu set data yang ada. Misalnya jika  $f_1(T_1)$ ,  $f_2(T_1)$ ,  $f_3(T_1)$  mempresentasikan nilai skala subyektif sesuai dengan tingkatan yang diberikan subyek maka dapat dipostulatkan bahwa interaksi dari ketiga faktor tersebut memiliki beban kerja keseluruhan  $f(T_1, E_1, S_1)$  dengan aturan:

a. Model aditif

$$f(T_1, E_1, S_1) = f_1(T_1) + f_2(T_1) + f_3(T_1) \dots \dots \dots (3.2)$$

b. Model multiplikatif

$$f(T_1, E_1, S_1) = f_1(T_1) * f_2(T_1) * f_3(T_1) \dots \dots \dots (3.3)$$

c. Model distributif

$$f(T_1, E_1, S_1) = f_1(T_1) * [f_2(T_1) + f_3(T_1)] \dots \dots \dots (3.4)$$

d. Model dual-distributif

$$f(T_1, E_1, S_1) = f_1(T_1) + [f_2(T_1) * f_3(T_1)] \dots \dots \dots (3.5)$$

Pada tiga model terakhir, nilai keseluruhan dan efek kombinasi dari ketiga faktor  $f(T_1, E_1, S_1)$  menjadi tidak bernilai jika faktor pengali memiliki nilai nol sehingga faktor lain tidak berpengaruh.

## 2. Tes aksioma

Aksioma Krantz dan Tversky mendefinisikan lima properti ordinal yang digunakan untuk menurunkan perumusan (3.2) sampai (3.5). Properti tersebut adalah independensi faktor tunggal, independensi faktor gabungan, kegagalan ganda, kegagalan distributif, dan kegagalan dual-distributif. Penelitian Nygren menunjukkan bahwa aksioma yang paling penting untuk menguji aditifitas adalah independensi faktor tunggal, independensi faktor gabungan, dan kegagalan ganda (Hancock & Meshkati, 1988). Aksioma ini digunakan dalam analisis SWAT untuk menentukan apakah model aditif ini muncul dalam data (Reid, 1989).

### a. Independensi (*Independence*)

Independensi merupakan properti fundamental yang dapat diperiksa secara terpisah untuk masing-masing faktor.

A independen terhadap B dan C jika  $(a_1, b_1, c_1) > (a_2, b_1, c_1)$  jika dan hanya jika  $(a_1, b_2, c_2) > (a_2, b_2, c_2)$  dengan A, B dan C merepresentasikan ketiga dimensi dan  $a_1, a_2$  dan  $a_3$  merepresentasikan tiga tingkatan dalam dimensi pertama. Demikian pula  $b_1, b_2$ , dan  $b_3$ , merepresentasikan dimensi kedua dan  $c_1, c_2$  dan  $c_3$ , merepresentasikan dimensi ketiga. Dengan demikian independensi A menyatakan jika  $a_2 > a_1$  untuk setiap kombinasi faktor B dan C, maka hubungan ini akan sama untuk setiap kombinasi B dan C lainnya (Reid, 1989).

**b. Independensi Gabungan (*Joint Independence*)**

Bentuk kedua dari independensi dapat diperiksa dari model tiga faktor. A dan B secara gabungan independen terhadap C jika  $(a_1, b_1, c_1) > (a_2, b_2, c_1)$  jika dan hanya jika  $(a_1, b_1, c_2) > (a_2, b_2, c_2)$ . Independensi gabungan A dan B terhadap C menunjukkan bahwa jika satu kombinasi A dan B adalah lebih besar dibandingkan yang lain pada tingkatan C yang tetap maka urutan lainnya harus mengikuti pola yang sama (Reid, 1989).

**c. Penggagalan Ganda (*Double Cancellation*)**

Properti berikutnya menyatakan bahwa faktor A dan B mempunyai properti seperti : jika  $(a_2, b_3, c_1) > (a_1, b_2, c_1)$  dan  $(a_3, b_2, c_1) > (a_2, b_1, c_1)$  maka  $(a_3, b_3, c_1) > (a_1, b_1, c_1)$ . Perhatikan bahwa kegagalan ganda membutuhkan paling sedikit tiga tingkatan untuk setiap faktor A dan B, dan melibatkan dua faktor pada saat pengujian. Dengan demikian jika faktor A dan B masing-masing

mempunyai tiga skala tingkatan, maka akan hanya ada satu pengujian properti ini untuk dua faktor tersebut. Hal ini harus dipenuhi oleh semua faktor. Oleh karena itu hanya ada tiga pengujian yang mungkin dilakukan untuk properti ini (Reid, 1989).

### 3.8.1.3. Pengumpulan Data untuk Penskalaan

Dilakukan dengan pengurutan kartu *SWAT* oleh subyek. Kartu *SWAT* berjumlah 27 kartu yang berisi kombinasi dari ketiga deskriptor *SWAT* yang diurutkan dari kartu yang menunjukkan beban kerja terendah sampai dengan beban kerja yang tertinggi menurut persepsi subyek. Adapun 27 kartu *SWAT* tersebut antara lain:

Tabel. 3.1. Kartu *SWAT*

Kartu	Beban Kerja		
	Beban Waktu (T)	Beban Mental (E)	Beban Tekanan Psikologis (S)
A	3	2	2
B	1	1	2
C	1	2	3
D	3	1	3
E	2	3	2
F	1	2	1
G	2	1	2
H	3	1	1
I	3	3	3
J	1	2	2
K	2	3	1
L	3	3	1
M	1	3	3
N	1	1	1
O	3	2	3

Kartu	Beban Kerja		
	Beban Waktu (T)	Beban Mental (E)	Beban Tekanan Psikologis (S)
P	3	1	2
Q	2	2	2
R	2	3	3
S	1	3	2
T	3	3	2
U	2	1	1
V	2	2	1
W	1	1	3
X	1	3	1
Y	3	2	1
Z	2	1	3
ZZ	2	2	3

#### 3.8.1.4. Penskalaan

Setelah pengumpulan data, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan program *SWAT* untuk menghitung solusi yang diskalakan dari data. Solusi yang diskalakan adalah nilai numerik bisa didapat untuk tiap tingkat dari ketiga deskriptor dan kombinasi aditifnya yang akan menjaga urutan kartu subyek dan sampai pada model aditifnya. Nilai skala beban kerja berada pada range 0-100. Dan algoritma yang digunakan untuk memperoleh solusi penskalaan yang paling mewakili urutan kartu subyek tersebut adalah *MANANOVA & NONMETRG* (Hancock & Meshkati, 1988). Sebagai prosedur penskalaan nonmetrik, kedua algoritma berusaha menentukan nilai skala interval yang paling sesuai untuk tingkatan dimensi dan efek kombinasi berdasarkan urutan peringkat dari kombinasi dimensi. Sehingga prosedur *SWAT* dimulai dengan mengurutkan data dari yang terkecil ke yang terbesar jika belum dalam bentuk tersebut. Dari sini

hanya urutan data tersebut yang dipergunakan untuk analisis (Reid, 1989).

### **3.8.2. Tahap Penilaian terhadap Hasil Penelitian**

Tahap ini merupakan penilaian terhadap aktivitas yang mewakili beban kerja yang dirasakan oleh subyek. Pada tahap ini, subyek diminta untuk mengingat beberapa aktivitas yang telah dilakukannya dan memilih rangkaian deskriptor pada kartu *SWAT* yang mendeskripsikan beban kerja dari aktivitas tersebut. Subjek diminta untuk menentukan kategori setiap deskriptor apakah berat, sedang, atau ringan yang masing-masing diwakili angka 1-3. Hasil penskalaan tersebut kemudian dikonversikan dengan nilai skala akhir hasil perhitungan menggunakan program *SWAT*. Beberapa hal penting dalam pembuatan skala untuk penelitian dan evaluasi subyektif terhadap beban kerja mental (Karhiwikarta, 1996):

1. Definisi indikator, setiap indikator beban kerja mental dapat berbeda untuk tiap jenis pekerjaan
2. Rating faktor-faktor komponen lebih merupakan hasil diagnostik
3. Definisi beban kerja suatu pekerjaan, bersifat subyektif per individu pekerja

### **3.9. Kelelahan**

Otot yang ditekan berlebihan akan menghasilkan suatu fenomena yang menyakitkan yaitu kelelahan otot. Kondisi ini adalah teliti dan terlokalisir. Pada sisi lain, dengan fungsi teori kognisi pada saat memikul beban, manusia akan mengalami kelelahan pada mental, disertai dengan perasaan lelah. Semuanya bersifat

membosankan dan penggunaan fungsi mental berlebihan yang akan menyebabkan gejala ini. Kelelahan mental umumnya memerlukan kondisi istirahat untuk kesembuhan. Latihan pada fisik juga akan membantu. Beberapa hal yang menyangkut teknik pengukuran beban mental bisa juga diberlakukan untuk mengukur kelelahan mental (Pulat, 1992).

Kelelahan akibat kerja sering diartikan sebagai proses menurunnya efisiensi, performansi kerja, dan berkurangnya kekuatan atau ketahanan fisik tubuh untuk terus melanjutkan kegiatan yang dilakukan. Menurut Wignjosoebroto (2000), ada beberapa macam kelelahan yang dikenal dan diakibatkan oleh faktor-faktor yang berbeda, seperti:

1. Lelah otot

Biasanya dapat dilihat dalam bentuk munculnya gejala kesakitan yang timbul ketika otot harus menerima beban yang berlebihan.

2. Lelah visual

Adalah lelah yang diakibatkan ketegangan yang terjadi pada organ vital yaitu mata. Mata yang berkonsentrasi pada suatu obyek secara terus menerus akan merasa lelah.

3. Lelah mental

Merupakan kelelahan yang diakibatkan oleh aktivitas mental (proses berpikir).

4. Lelah monotonis

Adalah jenis kelelahan yang disebabkan oleh aktivitas kerja yang bersifat rutin, monoton, dan lingkungan kerja yang menjemukan. Pekerjaan yang tidak mempunyai tantangan, tidak memerlukan skill,

dan lain-lain akan menyebabkan motivasi pekerja menjadi rendah.

Rasa lelah dalam diri manusia merupakan proses akumulasi dari berbagai faktor. Rasa lelah akan mendatangkan ketegangan yang dialami oleh tubuh manusia. Perlu adanya keseimbangan antara faktor penyebab kelelahan dengan proses pemulihan untuk menghindari akumulasi yang berlebihan tersebut. Proses pemulihan dapat dilakukan dengan cara memberikan waktu istirahat yang cukup dan seimbang dengan tinggi rendahnya tingkat ketegangan kerja. Wignjosoebroto (2000) memberikan analogi tentang faktor-faktor penyebab kelelahan dan proses pemulihan seperti ini:

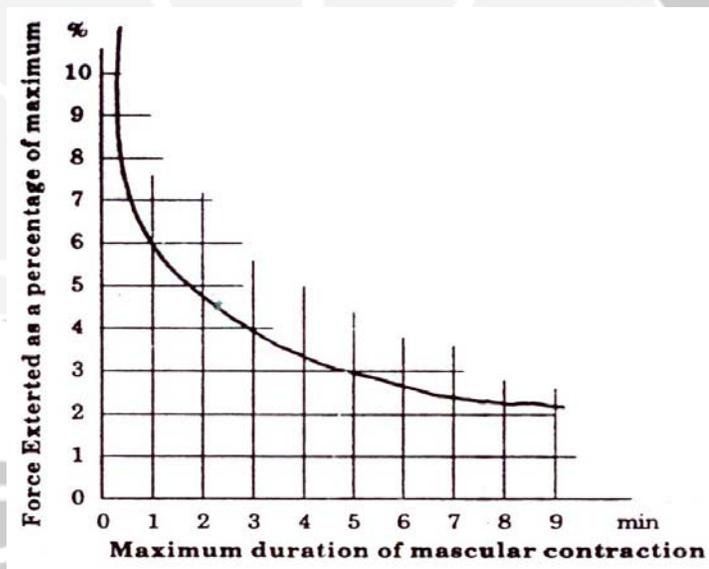
Kelelahan yang disebabkan oleh sejumlah faktor yang berlangsung secara terus menerus dan terakumulasi akan menyebabkan apa yang disebut dengan lelah kronis. Gejala-gejala yang tampak jelas akibat lelah kronis yaitu:

1. Meningkatnya emosi sehingga orang menjadi kurang toleran terhadap orang lain
2. Motivasi kerja menurun
3. Performansi kerja mejadi rendah
4. Depresi akibat kerja
5. Terjadi kecelakaan kerja

Rasa bosan dapat dikategorikan sebagai kelelahan. Adanya acara istirahat minum teh diantara waktu kerja akan sangat membantu untuk mengatasi rasa bosan yang muncul pada saat kerja. Rasa bosan merupakan manifestasi dari reaksi adanya suasana yang monoton (kurang bervariasi).

### 3.10. Pembebanan Otot Secara Statis pada saat Melakukan Kinerja

Pembebanan otot statis terjadi ketika otot dalam keadaan tegang (*tension*) tanpa menghasilkan gerakan tangan atau kaki (*limbs*) sekalipun. Pergerakan ritmik yang dinamis adalah proses pemompaan aliran darah oleh organ tubuh manusia. Beban otot statis terjadi ketika postur tubuh berada pada kondisi yang tidak natural, peralatan maupun material ditahan pada kondisi yang berlawanan dengan arah gravitasi.

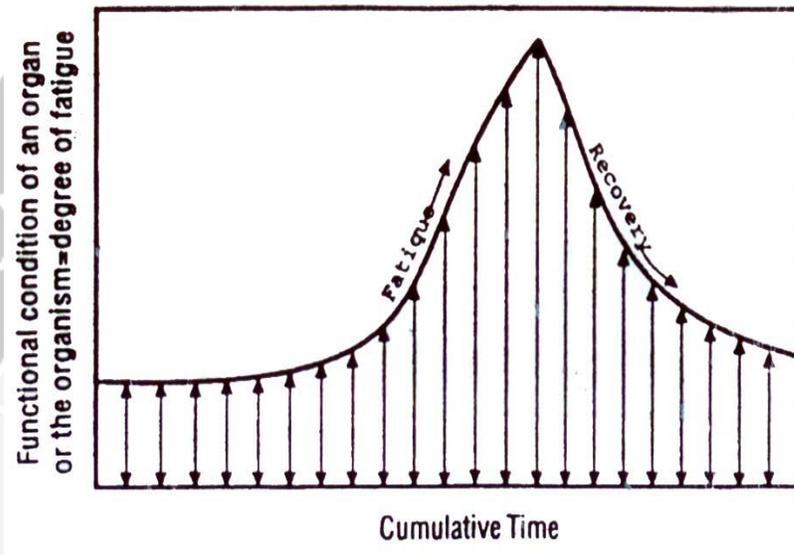


Gambar 3.1 Pengaruh dari tingkat usaha (*level effort*) pada lamanya usaha (*effort duration*) (Nurmianto, 1996)

#### 3.10.1. Kelelahan Kerja

Semua jenis pekerjaan akan menghasilkan kelelahan kerja, kelelahan kerja akan menurunkan kinerja dan menambah tingkat kesalahan kerja. Meningkatnya kesalahan kerja akan memberikan peluang terjadinya

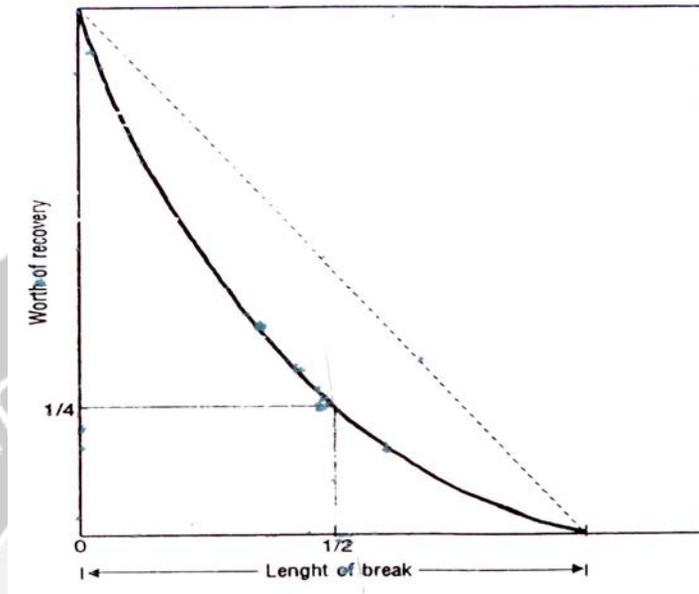
kecelakaan kerja. Karakteristik kelelahan kerja akan meningkat dengan semakin lamanya pekerjaan yang dilakukan, sedangkan menurunnya rasa lelah (*recovery*) adalah didapat dengan memberikan istirahat yang cukup.



Gambar 3.2 Derajat Kelelahan Pada Suatu Pekerjaan  
(Nurmianto, 1996)

### 3.10.2. Batasan untuk Pembebanan Otot Statis

Pengurangan kekuatan maksimum dapat digunakan untuk mengevaluasi kelelahan, karena waktu untuk memulihkan kekuatan (*recovery*) tidak tergantung dari pekerjaan. Seperti misalnya 10% pengurangan kekuatan didapat dari 1,55 menit menggenggam pada 20% gaya maksimum, atau 0,45 menit menggenggam pada 40% gaya maksimum. Pada kedua kasus tersebut, pemulihan kekuatan (*recovery*) adalah dalam waktu 0,72 menit. Pemulihan kembali (*recovery*) dari 20% pengurangan kekuatan maksimum membutuhkan waktu selama 2,20 menit.



Gambar 3.3 Pemulihan tenaga dari rasa lelah pada berbagai periode istirahat (Nurmianto, 1996)

### 3.11. Kebosanan (*Boredom*)

Kebosanan adalah kebalikan dari perhatian. Suatu tugas yang membosankan, operator sibuk dengan tugas yang berulang-ulang. Efek tugas yang seperti itu adalah keletihan, kelesuan dan mengurangi kesiapsiagaan. Jika suatu tugas menuntut kebutuhan yang sama dari seseorang secara terus menerus, hal itu akan menjadi membosankan. Faktor-faktor yang menyebabkan kebosanan adalah sebagai berikut (Pulat, 1992):

1. Waktu berputar pendek atau singkat
2. Sedikit peluang untuk pergerakan jasmani
3. Kondisi-kondisi hangat
4. Tidak ada kontak dengan rekan kerja
5. Manusia dengan motivasi rendah
6. Manusia dengan kemampuan tinggi, berkeinginan unggul

## 7. Lingkungan pekerjaan yang bercahaya.

Untuk mengurangi kebosanan, hal yang dilakukan adalah dengan melakukan perluasan pekerjaan dan rotasi pekerjaan.

