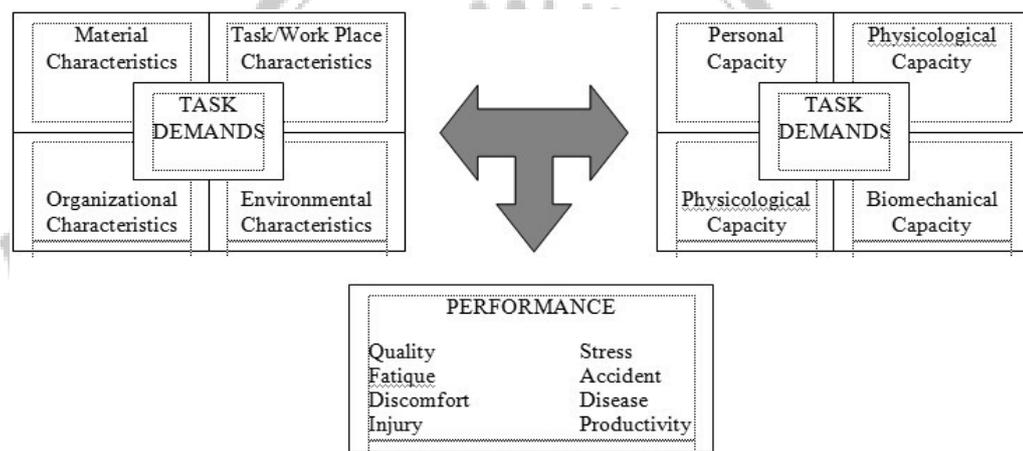


## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Konsep Keseimbangan Dalam Ergonomi

Berdasarkan sudut pandang ergonomi, harus ada keseimbangan antara tuntutan kerja dan kapasitas pekerja. Tuntutan kerja tidak boleh terlalu rendah (*underload*) maupun berlebihan (*overload*). Dikarenakan kedua hal tersebut menyebabkan stres terhadap pekerja.

Konsep keseimbangan antara kapasitas kerja dengan tuntutan tugas dapat diilustrasikan pada gambar sebagai berikut :



**Gambar 2.1** Konsep Dasar Keseimbangan Dalam Ergonomi  
Sumber : Tarwaka dkk, 2004

- **Kemampuan Kerja**

Kemampuan kerja seseorang sangat ditentukan oleh :

1. *Personal Capacity* (Karakteristik Pribadi); meliputi faktor usia, jenis kelamin, antropometri, pengalaman, pendidikan, status sosial, agama dan kepercayaan, kesegaran tubuh, status kesehatan dsb.
2. *Physiological Capacity* (Kemampuan Fisiologis); meliputi kemampuan dan daya tahan cardio-vaskuler, syaraf otot, panca indera dsb.
3. *Psychological Capacity* (Kemampuan Psikologis); kemampuan yang berhubungan dengan kemampuan mental, waktu reaksi, kemampuan adaptasi, stabilitas emosi, dsb.

4. *Biomechanical Capacity* (Kemampuan Bio-mekanik) ; kemampuan yang berkaitan dengan kemampuan dan daya tubuh sendi dan persendian, tendon dan jalinan tulang.

- **Tuntutan Tugas**

Tuntutan tugas pekerjaan/aktivitas yang dibebankan terhadap pekerja tergantung pada:

1. *Task and material Characteristics* (karakteristik tugas dan material); ditentukan oleh karakteristik peralatan dan mesin, tipe, kecepatan dan irama kerja, dsb.
2. *Organization Characteristics* (karakteristik organisasi); berhubungan dengan jam kerja dan jam istirahat, kerja malam dan bergilir, cuti dan libur, manajemen, dsb.
3. *Environmental Characteristics* (karakteristik lingkungan); berkaitan dengan bising dan getaran, suhu dan kelembaban, penerangan, sosio-budaya, tabu, norma, adat dan kebiasaan, teman setug'as, bahan-bahan pencemar, dsb.

- **Performansi**

Performansi atau penampilan seseorang sangat tergantung rasio dari besarnya tuntutan tugas dengan besarnya kemampuan yang bersangkutan. Dengan demikian, apabila:

1. Bila tuntutan tugas lebih besar dari kapasitas kerjanya, maka terjadi “*Overstress*”, kelelahan, kecelakaan, cedera, rasa sakit, penyakit, dan tidak produktif.
2. Bila tuntutan tugas lebih rendah dari kapasitas kerjanya, maka terjadi “*understress*”, kebosanan, kejemuhan, kelesuan, sakit dan tidak produktif.
3. Agar performansi optimal maka perlu keseimbangan dinamis antara tuntutan tugas dengan kemampuan yang dimiliki sehingga tercapai kondisi dan lingkungan yang sehat, aman, nyaman dan produktif.

## 2.2 Kapasitas Kerja

Secara umum, kemampuan dan keterbatasan manusia ditentukan oleh berbagai faktor yaitu : umur, jenis kelamin, antropometri, status kesehatan dan nutrisi, kesegaran jasmani dan kemampuan kerja fisik. (Tarwaka 2004).

## **1. Umur**

Bertambahnya umur diikuti penurunan VO<sub>2</sub> max, ketajaman penglihatan, pendengaran, kecepatan membedakan, pembuatan keputusan dan kemampuan mengingat jangka pendek (Tarwaka, 2004).

## **2. Jenis Kelamin**

Wanita mempunyai kekuatan fisik 2/3 dari kemampuan fisik laki-laki. Namun, wanita lebih teliti daripada laki-laki. Menurut Tarwaka (2004), untuk kerja fisik wanita mempunyai VO<sub>2</sub> max 15-30% dari laki-laki. Maka dari itu, untuk mendapatkan daya kerja tinggi maka pembagian tugas antara pria atau wanita harus sesuai dengan kemampuan masing-masing.

## **3. Antropometri**

Kesesuaian hubungan antara antropometri pekerja dengan alat yang digunakan sangat berpengaruh terhadap sikap kerja, tingkat kelelahan, kemampuan kerja dan produktivitas kerja. Menurut Tarwaka (2004), data antropometri dapat digunakan untuk mendesain pakaian, tempat kerja, lingkungan kerja, mesin, alat dan sarana kerja serta produk konsumen.

## **4. Status Kesehatan dan Nutrisi**

Perlu keseimbangan antara *intake* energi dan output yang harus dikeluarkan. Menurut Tarwaka(2004) bahwa selain jumlah kalori yang tepat, penyebaran persediaan kalori selama bekerja sangat penting. Sebagai contoh, pemberian snack dan teh manis setiap 1,5-2 jam dapat meningkatkan produktivitas dibanding pemberian makan siang pada jam istirahat.

## **5. Kesegaran Jasmani**

Tarwaka (2004) menyatakan bahwa kesegaran jasmani adalah suatu kesanggupan atau kemampuan dari tubuh manusia untuk melakukan penyesuaian atau adaptasi terhadap beban fisik yang dihadapi tanpa menimbulkan kelelahan yang berarti dan masih memiliki kapasitas cadangan untuk melakukan aktivitas berikutnya. Tarwaka (2004) menyebutkan komponen kesegaran jasmani yang disebut biomotorik meliputi 10 komponen utama yaitu kekuatan, daya tahan, kecepatan, kelincahan, kelenturan, keseimbangan, kekuatan, koordinasi, ketepatan dan waktu reaksi.

## 6. Kemampuan Kerja Fisik

Kemampuan kerja fisik adalah suatu kemampuan fungsional seseorang untuk mampu melakukan pekerjaan tertentu yang memerlukan aktivitas otot pada periode waktu tertentu. Menurut Tarwaka (2004) bahwa komponen kemampuan kerja fisik seseorang ditentukan oleh kekuatan otot, ketahanan otot dan ketahanan kardiovaskular.

- **Kekuatan Otot**

Kekuatan otot adalah tenaga maksimum yang digunakan oleh suatu grup otot di bawah kondisi yang ditetapkan.

- **Ketahanan Otot**

Ketahanan otot adalah kemampuan spesifik grup otot untuk terus dapat melakukan pekerjaan hingga seseorang tidak mampu lagi untuk mempertahankan pekerjaannya.

- **Ketahanan Kardiovaskular**

Ketahanan kardiovaskular adalah pengukuran kemampuan sistem kardiovaskular dengan melakukan pekerjaan secara terus menerus sampai terjadi kelelahan (Tarwaka, 2004).

### 2.3 Beban Kerja

Berdasarkan Permendagri No.12 tahun 2008, beban kerja adalah besaran pekerjaan yang harus dipikul oleh suatu jabatan/unit organisasi dan merupakan hasil kali antara volume kerja dan norma waktu. Sementara norma waktu adalah waktu yang wajar dan nyata-nyata dipergunakan secara efektif dengan kondisi normal oleh seorang pemangku jabatan untuk menyelesaikan pekerjaan.

Beban kerja adalah kemampuan pekerja dalam melaksanakan pekerjaannya. Terdapat dua macam beban kerja, yaitu beban kerja fisik dan psikologis. Beban kerja fisik seperti halnya mengangkat, mendorong dan menarik. Sementara beban kerja psikologis berupa ketelitian, keahlian dan prestasi kerja yang dimiliki tiap individu (Tarwaka, 2004).

## 2.4 Faktor yang Mempengaruhi Beban Kerja

Menurut Lalan Ruslani (2015) terdapat dua faktor yang mempengaruhi beban kerja yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor eksternal beban kerja adalah faktor yang mempengaruhi beban kerja yang berasal dari luar tubuh pekerja.

Adapun faktor eksternal yang mempengaruhi adalah sebagai berikut :

1. Tugas- tugas (*tasks*)

Tugas yang bersifat fisik yaitu kondisi lingkungan kerja, tata ruang tempat kerja, stasiun kerja, sikap kerja, cara angkut dan beban yang diangkat.

2. Organisasi Kerja

Organisasi kerja meliputi waktu istirahat, shift kerja, sistem kerja, waktu kerja dan lain sebagainya.

3. Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja berpengaruh terhadap beban kerja seperti halnya lingkungan kerja fisik, lingkungan kerja biologis, lingkungan kerja kimiawi dan lingkungan kerja psikologis.

Sementara faktor internal beban kerja adalah faktor yang mempengaruhi beban kerja yang berasal dari dalam tubuh pekerja. Faktor internal yang mempengaruhi beban kerja adalah sebagai berikut :

1. Faktor Somatis meliputi umur, jenis kelamin, ukuran tubuh, kondisi kesehatan, status gizi, kondisi kesehatan dan sebagainya.
2. Faktor psikis meliputi kepercayaan, motivasi, persepsi, kepuasan, keinginan dan sebagainya.

## 2.5 Beban Kerja Fisik

Beban kerja dan kapasitas dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Beban tersebut dapat berupa beban fisik maupun beban mental. Penilaian beban fisik dapat dilakukan dengan dua metode. Pertama, secara objektif yaitu dengan penilaian secara langsung. Kedua, dengan metode tidak langsung (Satrio, 2019).

Pengukuran suatu beban kerja fisik dapat dilakukan dengan melihat perubahan reaksi tubuh selama dilakukan evaluasi beban kerja fisiologis secara obyektif. Selain itu dapat juga dilakukan dengan pengukuran kecepatan denyut nadi,

konsumsi energi dan prosentase beban kardiovaskular (*Cardiovascular Load* = %CVL).

### 1. Metode Pengukuran Langsung

Metode pengukuran langsung yaitu dengan mengukur energi yang dikeluarkan pekerja (*energy expenditure*) berdasarkan asupan oksigen yang dihirup selama bekerja. Semakin berat beban kerja, maka semakin banyak energi yang dikonsumsi. Kelebihan dari metode ini adalah lebih akurat dibanding metode lain. Namun kekurangannya adalah hanya dapat mengukur dengan waktu kerja yang singkat dan diperlukan peralatan yang memadai. Jumlah energi yang dikonsumsi selama aktivitas berlangsung dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = 1,80411 - 0,0229038(X) + 4,71733 \cdot 10^{-4}(X)^2 \quad \dots 1$$

(Lalan Ruslani, 2015)

Dimana :

Y= Energi (Kkal/menit)

X= Kecepatan denyut jantung (denyut/menit)

Berikut merupakan kategori beban kerja berdasarkan konsumsi oksigen, ventilasi paru, suhu rektal dan denyut jantung.

**Tabel 2. 1** Kategori Beban Kerja Berdasarkan Konsumsi Oksigen, Suhu Tubuh dan Denyut Jantung

| <b>Kategori Beban Kerja</b> | <b>Konsumsi Oksigen (l/min)</b> | <b>Ventilasi Paru (l/min)</b> | <b>Suhu Rektal (°C)</b> | <b>Denyut Jantung (denyut/min)</b> |
|-----------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
| Ringan                      | 0,5-1,0                         | 11-20                         | 37,5                    | 75-100                             |
| Sedang                      | 1,0-1,5                         | 20-30                         | 37,5-38,0               | 100-125                            |
| Berat                       | 1,5-2,0                         | 31-43                         | 38,0-38,5               | 125-150                            |
| Sangat Berat                | 2,0-2,5                         | 43-56                         | 38,5-39,0               | 150-175                            |
| Sangat Berat Sekali         | 2,5-4,0                         | 60-100                        | >39                     | >175                               |

Sumber : (Christensen, 1991:169)

- **Konsumsi Energi**

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengetahui berat ringannya suatu beban kerja adalah dengan menghitung nadi kerja, konsumsi energi, kapasitas ventilasi paru, denyut jantung dan suhu tubuh mempunyai hubungan yang linier dengan konsumsi oksigen atau pekerjaan yang dilakukan (Fitri dan Annisa, 2017).

Berikut merupakan gejala perubahan yang tampak dan dapat diukur lewat pengukuran anggota tubuh manusia akibat adanya konsumsi energi oleh pekerja (Satrio, 2019)

1. Laju detak jantung (*heart rate*)
2. Tekanan darah (*blood pressure*)
3. Temperatur badan (*body temperature*)
4. Laju pengeluaran keringat (*sweating rate*)
5. Konsumsi oksigen yang dihirup (*oxygen consumption*)
6. Kandungan kimiawi dalam darah (*lactic acid content*)

Dalam pergerakan otot, tubuh membutuhkan oksigen yang dibawa oleh darah ke otot untuk pembakaran zat dalam menghasilkan energi. Sehingga jumlah oksigen yang dipergunakan tubuh menjadi salah satu indikator beban kerja.

Berdasarkan kebutuhan kalori tersebut dapat diklasifikasikan besar ringannya beban kerja sebagai berikut (Tarwaka, 2004) :

1. Beban kerja ringan : 100-200 kkal/jam
2. Beban kerja sedang: 200-350 kkal/jam
3. Beban kerja berat : 350-500 kkal/jam

Kebutuhan kalori pekerja selama 24jam ditentukan oleh tiga hal (Fitri dan Annisa, 2017) yaitu :

1. Kebutuhan kalori untuk metabolisme basal yang dipengaruhi jenis kelamin dan usia.
2. Kebutuhan kalori untuk kerja yang ditentukan jenis aktivitas dan beban kerja.
3. Kebutuhan kalori untuk aktivitas lain di luar jam kerja.

Regresi hubungan energi dengan kecepatan denyut jantung adalah regresi kuadratis dengan persamaan sebagai berikut:

$$Y = \dots 2$$

(Annisa, 2019)

Setelah besaran denyut jantung disetarakan dalam bentuk energi, maka konsumsi energi untuk kegiatan kerja dapat dituliskan dalam bentuk matematis sebagai berikut:

$$KE = \dots 3$$

(Annisa, 2019)

Klasifikasi beban kerja dan reaksi fisiologis dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

**Tabel 2. 2** Klasifikasi Beban Kerja dan Reaksi Fisiologis

| Tingkat pekerjaan | Energi Expenditure |             | Detak Jantung | Detak Oksigen |
|-------------------|--------------------|-------------|---------------|---------------|
|                   | Kkal/menit         | Kkal/menit  | Detik/menit   | Liter/menit   |
| Berat sekali      | >12.5              | >6000       | > 175         | >25           |
| Sangat Berat      | 10,0 – 12,5        | 4800 – 6000 | 150 – 175     | 2,0 – 2,5     |
| Berat             | 7,5 – 10,0         | 3600 – 4800 | 125 – 150     | 1,5 – 2,0     |
| Sedang            | 5,0 – 7,5          | 2400 – 3600 | 100 – 125     | 1,0 – 1,5     |
| Ringan            | 2,5 – 5,0          | 1200 – 2400 | 60 – 100      | 0,5 – 1,0     |
| Sangat Ringan     | < 2,5              | < 1200      | < 60          | < 0,5         |

Sumber : Satrio, 2019

Murrel membuat metode untuk menentukan waktu istirahat sebagai kompensasi dari pekerjaan fisiologis sebagai berikut:

$$R = \dots 4$$

(Satrio, 2019)

Klasifikasi beban kerja dengan konsumsi oksigen dapat dilihat pada tabel 2.3

**Tabel 2. 3** Klasifikasi Beban Kerja Dengan Konsumsi Oksigen

| Tingkat Pekerjaan | Konsumsi Oksigen (liter/menit) | Pengeluaran Energi (Kkal/menit) | Denyut Jantung Selama Berkerja (Denyut/menit) |
|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|---|
| Ringan            | 0,5 – 1,0                      | 2,5 – 5,0                       | 60 – 100                                      |
| Sedang            | 1,0 – 1,5                      | 5,0 – 7,5                       | 100 – 125                                     |
| Berat             | 1,5 – 2,0                      | 7,5 – 10,0                      | 125 – 150                                     |
| Sangat Berat      | 2,0 – 2,5                      | 10,0 – 12,5                     | 150 – 175                                     |

Sumber : Satrio, 2019

## 2. Metode Pengukuran Tidak Langsung

Metode pengukuran tidak langsung adalah dengan cara menghitung denyut nadi seseorang selama bekerja. Kategori berat ringannya beban kerja didasarkan pada metabolisme respirasi, suhu tubuh dan denyut jantung (Rusiani dan Nurfaejriah, 2015).

Pengukuran denyut jantung dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu (Fitri dan Anisa, 2017):

1. Meraba denyut jantung pada arteri radial di pergelangan tangan.
2. Mendengarkan denyut jantung dengan stetoskop.
3. Menggunakan ECG (*Electrocardiograph*), yaitu dengan mengukur sinyal elektrik yang diukur dari otot jantung pada permukaan kulit dada.

Salah satu cara untuk menghitung denyut jantung secara manual adalah dengan memakai *stopwatch* dengan metode 10 denyut. Dengan metode tersebut dapat dihitung denyut nadi kerja sebagai berikut:

Denyut Nadi

$$\left( \frac{\text{Denyut}}{\text{Menit}} \right) = \frac{10 \text{ Denyut}}{\text{Waktu Perhitungan}} \times 60 \dots 5$$

(Diniaty, Mulyadi, 2016)

Keuntungan menggunakan denyut nadi untuk menilai suatu beban kerja diantaranya adalah cepat, mudah, murah, tidak memerlukan peralatan yang mahal dan tidak mengganggu aktivitas pekerja yang dilakukan pengukuran.

Denyut nadi untuk mengestimasi index beban kerja terdiri dari beberapa jenis, yaitu (Fitri dan Annisa, 2017) :

1. Denyut jantung saat istirahat (*resting pulse*) adalah rata-rata denyut jantung sebelum suatu pekerjaan dimulai.
2. Denyut jantung selama bekerja (*working pulse*) adalah rata-rata denyut jantung pada saat seseorang bekerja.
3. Denyut jantung untuk bekerja (*work pulse*) adalah selisih antara denyut jantung selama bekerja dan selama istirahat.
4. Denyut jantung selama istirahat total (*recovery cost or recovery cost*) adalah jumlah denyut jantung dan berhentinya denyut pada suatu pekerjaan selesai dikerjakan hingga denyut berada pada kondisi istirahat.

Menurut Ratna , *Heart Rate Reserve (HR reserve)* didefinisikan sebagai peningkatan denyut nadi yang berperan penting dalam peningkatan cardiac output dari istirahat sampai kerja maksimum. *Hr reserve* dapat dirumuskan sebagai berikut:

...6

(Ratna Purwaningsih, 2007)

Denyut kerja total (*Total work pulse or cardiac cost*) adalah jumlah denyut jantung dari mulainya suatu pekerjaan sama dengan denyut berada pada kondisi istirahatnya (*resting level*).

Dimana Denyut Nadi Maksimum (DN Max) adalah :

- 220-umur (laki-laki) atau,
- 200- umur (perempuan)

Berikut merupakan rumus untuk menentukan klasifikasi beban kerja karena beban kardiovaskular (*cardiovasculair = %CVL*) :

...7

(Ratna Purwaningsih, 2007)

Berdasarkan perhitungan %CVL, kemudian hasilnya dibandingkan dengan klasifikasi beban kerja pada tabel 2.4 (Diniaty Mulyadi, 2016)

**Tabel 2. 4** Klasifikasi Beban Kerja Berdasarkan %CVL

| <b>%CVL</b> | <b>Klasifikasi % CVL</b>         |
|-------------|----------------------------------|
| <30%        | Tidak terjadi kelelahan          |
| 30 % – 60 % | Diperlukan perbaikan             |
| 60% – 80%   | Kerja dalam waktu singkat        |
| 80% – 100%  | Diperlukan tindakan segera       |
| >100%       | Tidak diperbolehkan beraktifitas |

Sumber : Satrio, 2019

Laju pemulihan denyut nadi dipengaruhi oleh nilai absolut denyut nadi pada ketergantungan pekerjaan (*the interruption of work*), tingkat kebugaran (*individual fitness*) dan pemaparan panas lingkungan.

## 2.6 Beban Kerja Mental/Psikologis

Menurut Grandjean (1988), definisi beban kerja mental adalah evaluasi operator antara kapasitas termotivasi dan tuntutan tugas saat ini, sementara mencapai kinerja tugas yang memadai dalam konteks misi yang relevan. Kerja mental meliputi kerja otak dalam pengertian sempit dan pemrosesan informasi (Grandjean, 1988). Kerja otak dalam pengertian sempit adalah proses berfikir yang memerlukan kreatifitas.

Beban mental erat kaitannya dengan kesalahan yang dilakukan (*error*). Semakin tinggi beban mental seseorang, maka semakin tinggi pula kesalahan yang dapat ditimbulkan. Faktor yang mempengaruhi beban mental seseorang dapat berasal dari :

- a. Dari dalam diri seseorang (internal)
- b. Dari luar diri petugas/lingkungan (eksternal)

Beban mental dalam penugasan menyangkut beberapa hal, yaitu :

- a. Keharusan untuk menjaga tingkat kewaspadaan yang tinggi selama periode tertentu.
- b. Kebutuhan untuk mengambil keputusan.
- c. Kejadian menurunnya konsentrasi akibat kemonotonan.
- d. Kurangnya kontak dengan manusia lain.

Hubungan antara beban kerja dengan kinerja dapat dilihat dalam bentuk kurva U terbalik. Kinerja manusia pada tingkat beban kerja rendah tidak juga baik. Jika tidak banyak hal yang dapat dikerjakan maka orang tersebut mudah bosan dan cenderung kehilangan ketertarikan terhadap pekerjaan yang dilakukan. Dalam keadaan ini (*underload*), galat akan muncul dalam bentuk kehilangan informasi sebagai akibat dari menurunnya konsentrasi.

Metode penentuan beban kerja/psikologis mental dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Secara Teoritis :

Secara teoritis metode penentuan beban kerja psikologis/mental dapat dibedakan sebagai berikut (Mega Mutia, 2014) :

a. Pendekatan ergonomi-biomekanik

Pendekatan ini mencakup pengukuran proses persepsi, neuromotorik dan biomekanik serta level kelelahan/kejenuhan pekerja,

b. Pendekatan psikologis

Pengukuran pendekatan psikologis menggunakan atribut-atribut seperti keterampilan dan batas marginal kelelahan.

2. Secara Teknis

Secara teoritis metode penentuan beban kerja psikologis/mental dapat diklasifikasikan sebagai berikut Satrio (2019):

1. Pengukuran Beban Kerja Mental Secara Objektif (*Objective Workload Measurement*)

Pengukuran secara objektif adalah suatu pengukuran beban kerja dimana sumber data yang diolah adalah data-data kuantitatif.

a. Pengukuran denyut jantung

Pengukuran ini digunakan untuk mengukur beban kerja dinamis seseorang sebagai manifestasi gerakan otot. Metode ini biasanya dikombinasikan dengan perekaman gambar video untuk kegiatan *motion study*.

b. Pengukuran cairan dalam tubuh

Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui kadar asam laktat dan beberapa indikasi lainnya yang bisa menunjukkan kondisi dari beban kerja seseorang yang melakukan suatu aktivitas.

c. Pengukuran waktu kedipan mata

Durasi kedipan mata dapat menunjukkan tingkat beban kerja yang dialami oleh seseorang. Orang yang mengalami kerja berat dan lelah biasanya durasi kedipn matanya lama, sementara yang bekerja ringan (tidak terbebani mental dan psikisnya) durasi kedipan matanya relatif cepat.

d. Pola gerakan bola mata

Umumnya gerakan bola mata yang berirama akan menimbulkan beban kerja yang optimal dibanding dengan gerakan bola mata yang tidak beraturan.

e. Pengukuran dengan metode lainnya

1) Alat ukur *Flicker*

Alat ini dapat menunjukkan perbedaan performansi mata manusia, melalui perbedaan nilai *flicker* dari tiap individu. Perbedaan nilai *flicker* ini umumnya sangat dipengaruhi oleh berat/ringannya suatu pekerjaan, khususnya yang berhubungan dengan kerja mata.

2) Ukuran performansi kerja operator

Ukuran-ukuran itu antara lain adalah :

- i. Jumlah kesalahan (*error*)
- ii. Perubahan laju hasil kerja (*work rate*).

2. Pengukuran Beban Kerja Mental Secara Subjektif (*Subjective Workload Measurement*)

Pengukuran beban mental secara subjektif yaitu pengukuran beban kerja dimana sumber data yang diolah adalah data yang bersifat kualitatif. Pengukuran ini merupakan salah satu pendekatan psikologi dengan cara membuat skala psikometri untuk mengukur beban kerja mental. Pembuatan skala tersebut dapat dilakukan baik secara langsung (terjadi secara spontan) maupun tidak langsung (berasal dari responden eksperimen). Metode pengukuran yang digunakan adalah dengan memilih faktor-faktor beban kerja mental yang berpengaruh dan memberikan *rating* subjektif.

Tahapan pengukuran beban kerja mental secara subjektif adalah :

- a. Menentukan faktor-faktor beban kerja mental penugasan yang diamati.
- b. Menentukan *range* dan nilai interval.
- c. Memilih bagian faktor beban kerja yang signifikan untuk tugas-tugas yang spesifik.
- d. Menentukan kesalahan subjektif yang diperhitungkan berpengaruh dalam memperkirakan dan mempelajari beban kerja.

Tujuan pengukuran beban kerja mental secara subjektif adalah :

- a. Menentukan skala terbaik berdasarkan perhitungan eksperimental dalam percobaan.

- b. Menentukan perbedaan skala untuk jenis penugasan yang berbeda.
- c. Mengidentifikasi faktor beban kerja mental yang secara signifikan berhubungan berdasarkan penelitian empiris dan subjektif dengan menggunakan *rating* beban kerja sampel populasi tertentu.

Metode pengukuran beban kerja secara subjektif merupakan pengukuran beban kerja mental berdasarkan persepsi subjektif responden/petugas.

Pengukuran beban kerja psikologis secara subjektif dapat dilakukan dengan salah satu dari lima metode berikut :

1. *The National Aeronautical and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX)*
2. *Subjective Workload Assesment Technique (SWAT)*
3. *Borg Scale*
4. *Harper Cooper Rating (HQR)*
5. *Workload Profile*

## **2.7 *The National Aeronautical and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX)***

*The National Aeronautical and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX)* dikembangkan oleh Sandra G. dari NASA-Ames Research Center dan Lowell E. Staveland dari San Jose State University pada tahun 1981. Metode ini dikembangkan berdasarkan munculnya kebutuhan pengukuran subjektif yang terdiri dari skala sembilan faktor yaitu kesulitan tugas, tekanan waktu, jenis aktivitas, usaha fisik, usaha mental, performansi, frustrasi, stres dan kelelahan.

Dari sembilan faktor tersebut, disederhanakan lagi menjadi 6 yaitu :

1. *Mental demand*
2. *Physical demand*
3. *Temporal (time) demand*
4. *Own Performance*
5. *Effort*
6. *Frustration*

Aplikasi NASA-TLX telah digunakan baik yang menggunakan simulator (dalam penerbangan), simulasi pengendalian supervisi atau untuk tugas-tugas

dalam eksperimental yaitu *memory task*, *chice operation time*, *critical instability tracking*, *compesatory tracking*, *mental arithmetic*, *mental rotation*, *target ocquisition* dan *grammatical reasoning*.

Pheasant merumuskan masalah pembuatan skala peringkat beban kerja sebagai berikut :

1. Memilih kumpulan sub skala masalah yang paling tepat.
2. Menentukan bagaimana menggabungkan sub skala tersebut untuk memperoleh nilai beban kerja yang sensitif terhadap sumber dan definisi beban kerja yang berbeda, baik diantara tugas maupun diantara pemberi peringkat.
3. Menentukan prosedur terbaik untuk memperoleh nilai terbaik dan untuk memperoleh nilai numerik untuk sub skala tersebut.

Terdapat tiga kategori pemilihan sub skala dalam eksperimen, yaitu skala yang berhubungan dengan tugas (kesulitan tugas, tekanan waktu dan jenis aktivitas). Skala yang berhubungan dengan tingkah laku (usaha fisik, usaha mental dan performansi) dan skala yang berhubungan dengan subjek (frustasi, stres dan kelelahan).

Skala yang berhubungan dengan tugas yaitu peringkat yang diberikan pada kesulitan tugas untuk memberikan informasi langsung terhadap persepsi kebutuhan subjek yang dibebankan oleh tugas. Pada skala yang berhubungan dengan tugas hanya faktor kesulitan tugas dan tekanan waktu yang memberikan informasi yang signifikan mengenai beban kerja.

Skala yang berhubungan dengan subjek seperti frustasi merupakan faktor beban kerja ketiga yang paling sesuai. Peringkat frustasi korelasi dengan peringkat beban kerja keseluruhan secara signifikan pada semua kategori eksperimen. Sementara faktor kelelahan tidak berhubungan dengan beban kerja, baik dalam pendapat apriori maupun secara empiris.

Dari masing-masing sub skala yang terpilih memberikan informasi yang berguna dan relevan tentang aspek-aspek pengalaman yang berbeda. Dari penggabungan peringkat yang diberi bobot (*weighted rating*) pada sub skala merupakan alternatif dari sub kerja.

Adapun tahapan dalam metode NASA-TLX terdiri dari dua tahap, yaitu (Mega Mutia, 2014) :

1. Pemberian *rating*

Pada bagian pertama responden diminta memberi *rating* terhadap keenam indikator beban mental. Penilaian ini bersifat subyektif berdasarkan yang dirasakan oleh responden selama menyelesaikan suatu pekerjaan (Sunarto, 2018).

Penjelasan indikator beban mental yang akan diukur dapat dilihat pada tabel 2.5 berikut :

**Tabel 2. 5** Indikator Metode NASA-TLX

| <b>Dimensi</b>  | <b>Skala</b>    |
|---|-----------------|
| <b>Kebutuhan Mental</b><br>Seberapa besar tuntutan aktivitas mental dan perseptual yang dibutuhkan dalam pekerjaan Anda (contoh: berpikir, memutuskan, menghitung, mengingat, melihat, mencari). Apakah pekerjaan tersebut mudah atau sulit, sederhana atau kompleks, longgar atau ketat? | Rendah - tinggi |
| <b>Kebutuhan Fisik</b><br>Seberapa besar aktivitas fisik yang dibutuhkan dalam pekerjaan Anda (contoh: mendorong, menarik, memutar, mengontrol, menjalankan, dan lainnya). Apakah pekerjaan tersebut mudah atau sulit, pelan atau cepat, tenang atau buru-buru?                           | Rendah - tinggi |
| <b>Kebutuhan Waktu</b><br>Seberapa besar tekanan waktu yang Anda rasakan selama pekerjaan atau elemen pekerjaan berlangsung? Apakah pekerjaan perlahan dan santai, atau cepat dan melelahkan?   | Rendah - tinggi |
| <b>Performansi</b><br>Seberapa besar keberhasilan Anda di dalam mencapai target pekerjaan Anda? Seberapa puas Anda dengan performansi Anda dalam mencapai target tersebut?  | Rendah - tinggi |
| <b>Tingkat Usaha</b><br>Seberapa besar usaha yang Anda keluarkan secara mental dan fisik yang dibutuhkan untuk mencapai level performansi Anda?   | Rendah - tinggi |
| <b>Tingkat frustrasi</b><br>Seberapa besar rasa tidak aman, putus asa, tersinggung, stres, dan terganggu dibanding dengan perasaan aman, puas, cocok, nyaman, dan kepuasan diri yang dirasakan selama mengerjakan pekerjaan tersebut?   | Rendah - tinggi |

Sumber : Satrio, 2019

## 2. Pembobotan

Pada bagian ini responden diminta untuk melingkari salah satu dari dua indikator yang dirasakan lebih dominan menimbulkan beban kerja mental terhadap pekerjaan tersebut. Kuesioner NASA-TLX yang diberikan berupa 15 perbandingan berpasangan. Dari kuesioner ini dihitung *tally* dari setiap indikator yang dirasakan paling berpengaruh. Jumlah *tally* menjadi bobot untuk tiap indikator beban mental.

Tabel pembobotan berpasangan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 2. 6** Tabel Indikator Pembobotan Berpasangan

| No | Indikator Beban Mental |    |                        |
|----|------------------------|----|------------------------|
| 1  | Kebutuhan Mental (KM)  | VS | Kebutuhan Fisik (KF)   |
| 2  | Kebutuhan Mental (KM)  | VS | Kebutuhan Waktu (KW)   |
| 3  | Kebutuhan Mental (KM)  | VS | Performansi (P)        |
| 4  | Kebutuhan Mental (KM)  | VS | Tingkat Usaha (TU)     |
| 5  | Kebutuhan Mental (KM)  | VS | Tingkat Frustrasi (TF) |
| 6  | Kebutuhan Fisik (KF)   | VS | Kebutuhan Waktu (KW)   |
| 7  | Kebutuhan Fisik (KF)   | VS | Performansi (P)        |
| 8  | Kebutuhan Fisik (KF)   | VS | Tingkat Usaha (TU)     |
| 9  | Kebutuhan Fisik (KF)   | VS | Tingkat Frustrasi (TF) |
| 10 | Kebutuhan Waktu (KW)   | VS | Performansi (P)        |
| 11 | Kebutuhan Waktu (KW)   | VS | Tingkat Usaha (TU)     |
| 12 | Kebutuhan Waktu (KW)   | VS | Tingkat Frustrasi (TF) |
| 13 | Performansi (P)        | VS | Tingkat Usaha (TU)     |
| 14 | Performansi (P)        | VS | Tingkat Frustrasi (TF) |
| 15 | Tingkat Usaha (TU)     | VS | Tingkat Frustrasi (TF) |

Sumber : Satrio, 2019

3. Menghitung Skor Beban Mental

Untuk mendapatkan skor beban mental NASA-TLX, bobot dan rating untuk setiap indikator dikalikan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan 15(jumlah perbandingan berpasangan).

4. Menghitung Nilai Produk

Diperoleh dengan mengalikan *rating* dengan bobot faktor untuk masing-masing deskriptor. Dengan demikian dihasilkan 6 nilai produk untuk 6 indikator (MD, PD, TD, CE, FR, EF).

Produk = rating x bobot faktor.

(Diniaty, Mulyadi, 2016)

5. Menghitung *Weighted Workload* (WWL)

Diperoleh dengan menjumlahkan keenam nilai produk.

$WWL = \sum \text{Produk}$

(Diniaty, Mulyadi, 2016)

6. Menghitung rata-rata WWL

Diperoleh dengan membagi WWL dengan jumlah bobot total.

Skor =

 ...8

(Diniaty, Mulyadi, 2016)

7. Interpretasi Skor

*Output* yang dihasilkan dari pengukuran dengan NASA-TLX ini berupa tingkat beban kerja mental yang dialami oleh pekerja. Tabel kategori beban kerja dapat dilihat pada tabel 2.7.

**Tabel 2. 7** Kategori Beban Kerja

| No | Range WWL | Beban Kerja   |
|----|-----------|---------------|
| 1  | 0 sd 20   | Sangat Rendah |
| 2  | 21 sd 40  | Rendah        |
| 3  | 41 sd 60  | Sedang        |
| 4  | 61 sd 80  | Tinggi        |
| 5  | 81 sd 100 | Sangat Tinggi |

(Sumber : Satrio, 2019)

## 2.8 Kelelahan yang Ditimbulkan Akibat Beban Kerja

Kelelahan adalah aneka keadaan yang disertai penurunan efisiensi dan ketahanan dalam bekerja yang dapat disebabkan sumber utamanya adalah mata (kelelahan visual), kelelahan fisiologis umum, kelelahan syaraf, kelelahan oleh lingkungan yang monoton dan kelelahan oleh lingkungan kronis terus menerus sebagai faktor secara menetap (Fitri dan Annisa, 2017).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kelelahan secara garis besar adalah sebagai berikut :

### 1. Faktor Internal

Faktor internal yang dapat mempengaruhi kelelahan secara garis besar adalah sebagai berikut :

#### a. Usia

Produktivitas kerja akan menurun seiring dengan bertambahnya usia.

#### b. Jenis Kelamin

Secara umum, wanita hanya mempunyai kekuatan fisiologis 2/3 dari kekuatan fisiologis dan kekuatan otot pria.

#### c. Masa Kerja

Masa kerja merupakan akumulasi waktu dimana pekerja telah memegang pekerjaan tersebut.

#### d. Status gizi

Semakin besar tenaga yang dimiliki maka akan semakin besar pula produktivitas seseorang dalam bekerja.

e. Kondisi kesehatan

Kondisi kelelahan mempengaruhi tingkat kelelahan yang terjadi pada pekerja.

2. Faktor eksternal

Faktor eksternal yang mempengaruhi kelelahan akibat beban kerja adalah sebagai berikut :

a. Beban kerja fisiologis

Saat tubuh melakukan aktifitas fisiologis yang berat, maka otot-otot tubuh harus bekerja keras untuk menyesuaikan dengan kondisi pekerjaan tersebut.

b. Waktu pemulihan (*recovery*)

Istirahat secara fisiologis sangat diperlukan untuk mempertahankan kapasitas kerja. Waktu istirahat dibutuhkan untuk mengurangi peningkatan resiko cedera ataupun kelelahan yang disebabkan oleh durasi kerja.

c. Variasi kerja

Kelelahan dapat disebabkan oleh kejenuhan saat bekerja yang timbul akibat tidak adanya variasi dalam bekerja.

d. Shift kerja

Durasi kerja hendaknya disesuaikan dengan kemampuan seseorang dalam bekerja. Bekerja melebihi kemampuan yang dimiliki mengakibatkan efisiensi dan produktivitas kerja menurun.

e. Lingkungan

Lingkungan menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kelelahan. Lingkungan ini meliputi lingkungan kerja fisiologis, kimiawi, biologis dan psikologis.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

1. Lalan Ruslani dan Nurfajriah. Analisis beban kerja fisiologi dan psikologi karyawan pembuatan baju di PT Jaba Garmino Majalengka (2015).

Tujuan penelitian : mengetahui beban kerja fisiologi dan psikologi pada karyawan pembuatan baju.

- a. Konsumsi energi terbesar dialami oleh operator pada stasiun kerja sontek rata-rata (85,8Kkal/jam) beban yang dialami oleh operator cukup berat,

maka semakin pendek waktu untuk operator bekerja tanpa kelelahan dan gangguan fisiologis yang menyebabkan salah satu faktor target tidak tercapai.

- b. Skor NASA-TLX tertinggi terdapat pada stasiun kerja linking dengan rata-rata (85,33). Pada stasiun kerja ini aktivitas kerja dari operator harus extra sabar karena dalam menggabungkan panel-panel hasil rajut harus lebih teliti agar tidak ada produk (baju) cacat sehingga target tidak tercapai.

2. Dewy Diniaty, Zukri Mulyadi. Analisis beban kerja fisik dan mental karyawan pada rantai produksi Dipt Pesona Laut Kuning (2016)

Tujuan penelitian : Mengetahui tingkat beban kerja psikologis dan fisiologis pada karyawan produksi.

- a. Berdasarkan hasil pengolahan data dapat diketahui bahwa klasifikasi karyawan berdasarkan beban kerja fisik terdapat 3 orang karyawan yang perlu dilakukan perbaikan yaitu karyawan B (38,12%), karyawan I (32,12%) dan karyawan J (35,40%).
- b. Klasifikasi beban kerja mental masing-masing karyawan di rantai produksi dapat diketahui karyawan yang memiliki beban kerja yang tergolong tinggi sebesar 20%, sedangkan karyawan yang memiliki beban kerja mental tergolong tinggi sebesar 40% dan karyawan yang memiliki beban kerja mental sedang sebesar 33,33% serta karyawan yang memiliki beban kerja mental rendah sebesar 6,67%.

3. Amri, Herizal. Analisis beban kerja psikologis dengan menggunakan metode NASA-TLX pada operator Departemen Fiber Line di PT. Toba Pulp Lestari (2017)

Tujuan penelitian : Mengetahui beban kerja psikologis dengan metode NASA-TLX pada operator.

- a. Pengolahan data yang dilakukan didapatkan hasil bahwa tingkat beban psikologis yang dialami operator Departemen Fiber Line sebanyak 70% karyawan berada di kategori beban kerja tinggi. Sementara 30% sisanya berada pada kategori sangat tinggi. Hasil kuesioner yang telah dikumpulkan

dan diolah menunjukkan bahwa indikator *effort* (EF) merupakan indikator dengan nilai *rating* 100 terbanyak, kemudian diikuti indikator *mental demand* (MD). Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat beban kerja psikologis pada operator adalah tugas dan tanggung jawab operator yang menuntut konsentrasi tinggi, lingkungan kerja yang kimiawi dan faktor usia pada tiap operator.

4. Satrio. Analisis beban kerja fisiologis dan psikologis operator bongkar muat bahan bangunan di UD. Sumber Wangi (2019).

Tujuan penelitian : Mengetahui beban kerja fisiologis dan psikologis operator bongkar muat.

- a. Hasil pengukuran fisiologis pada operator bongkar muat bahan bangunan tergolong kategori beban kerja sedang, karena kebutuhan kalori masing-masing aktivitas berada dibawah 350 Kkal/jam.
  - b. Hasil pengukuran psikologis dan beban kerja psikologis dengan metode NASA-TLX, beban kerja pada aktivitas bongkar muat bahan bangunan tergolong kategori sangat tinggi karena berada pada *range* 83,75. Indikator yang mendapat nilai tertinggi adalah Performansi (P).
5. Annisa Purbasari, Akhiri Joko Purnomo. Penilaian beban fisik pada proses *assembly* manual menggunakan metode fisiologis (2019).

Tujuan penelitian : Mengetahui beban fisik pada proses *assembly* manual.

- a. Nilai beban fisik menurut rerata DNK sebesar 116,59 denyut/menit yang menunjukkan kategori kerja sedang (*moderate*). Nilai rerata DNI pekerja sebesar 69,40 denyut/menit menunjukkan kategori ringan. Nilai rerata %HR *Reverse* dan %CVL sebesar 39,34 Kkal/menit yang menunjukkan kategori kerja diperlukan perbaikan. Serta nilai beban fisik menurut rerata konsumsi energi sebesar 3,06 Kkal/menit yang menunjukkan kategori ringan

## 2.9 Riset Gap Penelitian Terdahulu

**Tabel 2. 8** Riset Gap Penelitian Terdahulu

| NO | Judul   | Nama dan Tahun                       | Metode Penelitian |            | Objek yang Diteliti |      |
|----|---|--------------------------------------|-------------------|------------|---------------------|------|
|    |   |                                      | Fisiologis        | Psikologis | Manufaktur          | Jasa |
| 1  | Analisis beban kerja fisiologi dan psikologi karyawan pembuatan baju di PT Jaba Garmindo Majalengka (2015).                     | Lalan Ruslani dan Nurfajriah, (2015) | √                 | √          | √                   |      |
| 2  | Analisis beban kerja fisik dan mental karyawan pada lantai produksi Dipt Pesona Laut Kuning                                     | Dewy Diniaty dan Zukri Mulyadi, 2016 | √                 | √          | √                   |      |
| 3  | Analisis beban kerja psikologis dengan menggunakan metode NASA-TLX pada operator Departemen Fiber Line di PT. Toba Pulp Lestari | Amri, Herizal, 2017                  |                   | √          | √                   | √    |

|   |  |  |   |   |   |  |
|---|--|--|---|---|---|--|
| 4 | Analisis beban kerja fisiologis dan psikologis operator bongkar muat bahan bangunan di UD. Sumber Wangi. | Andik Duwi Satrio, 2019                        | √ | √ | √ |  |
| 5 | Penilaian beban fisik pada proses <i>assembly</i> manual menggunakan metode fisiologis (2019).           | Annisa Purbasari dan Akhiri Joko Purnomo, 2019 | √ |   | √ |  |

