Bab 2
Tinjauan Pustaka

2.1. Sejarah Dan Perkembangan Ergonomi

Istilah ergonomic berasal dari bahasa latin yaitu ERGON (kerja) dan NOMOS (Hukum Alam) dan dapat didefinisikan sebagai studi aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, psikiologi, engineering, manajemen dan perancangan. Ergonomi berkeneen pula dengan optimasi, efesiensi, kesehatan, keselamatan dan kenyamanan manusia di tempat kerja, dirumah, dan tempat rekreasi. Di dalam ergonomic dibutuhkan studi tentang sistem dimana manusia, fasilitas kerja dan lingkungannya saling berinteraksi dengan tujuan utama yaitu menyesuaikan suasana kerja dengan manusianya. Ergonomi disebut juga sebagai *"Human Factors"* . Ergonomi juga digunakan oleh berbagai ahli/profesional pada bidangnya misalnya : ahli anatomi, arsitektur, perancangan produk industri, fisika, disioterapi, terapi pekerjaan, psikologi, dan teknik industri. (Definisi diatas berdasarkan pada *International Ergonomic Association*). Selain itu ergonomi juga dapat diterapkan untuk bidang fisiologi, psikologi, perancangan, analisis, sintetis, evaluasi, proses kerja, dan bagi wiraswastawan, manajer, pemerintah, militer, dosen, dan mahasiswa.

Penerapan ergonomi pada umumnya merupakan aktivitas rancangan bangunan (desain) ataupun rancangan ulang (re-desain). Hal ini dapat meliputi perangkat keras seperti misalnya perkakas kerja (*tools*), bangku kerja (*benches*), platform, kursi, pegangan alat kerja (*workholders*), pintu (*doors*), dan lain-lain.

Ergonomi dapat berperan pula sebagai desain pekerjaan pada suatu organisasi misalnya: Penentuan jumlah jam istirahat, pemilihan jadwal pergantian waktu kerja (shift kerja), meningkatkan variasi pekerjaan, dan lain-lain. Ergonomi dapat pula berfungsi sebagai desain perangkat lunak karena dengan semakin banyak pekerjaan yang berkaitan erat dengan komputer. Penyampaian informasi

dalam suatu sistem komputer harus pula diusahakan sekompatible mungkin sesuai dengan kemampuan pemrosesan informasi oleh manusia.

Disamping itu, ergonomi juga memberikan peranan penting dalam meningkatkan faktor keselamatan dan kesehatan kerja, misalnya : desain suatu sistem kerja untuk mengurangi rasa nyeri dan ngilu pada sistem kerangka dan otot manusia, desain stasiun kerja untuk alat peraga visual (*visual design unit station*). Hal itu adalah untuk mengurangi ketidaknyamanan visual dan postur kerja, desain suatu perkakas kerja (*handtools*) untuk mengurangi kelelahan kerja, desain suatu peletakan instrumen dan sistem pengendalian agar didapat optimasi dalam proses transper informasi dengan dihasilkannya suatu respon yang cepat dengan meminimumkan resiko kesalahan, serta supaya didapat optimasi, efisiensi kerja, dan hilangnya resiko kesehatan akibat metode kerja yang kurang tepat.

Menurut Sutalaksana ergonomic adalah suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi-informasi mengenai sifat, kemampuan dan keterbatasan manusia untuk merancang suatu sistem kerja sehingga orang dapat hidup dan bekerja pada sistem itu dengan baik, yaitu mencapai tujuan yang diinginkan melalui pekerjaan itu, dengan efektif, aman dan nyaman.
Adapun cakupan ergonomi dalam peranannya memanusiawikan suatu produk antara lain :

1. Antropometri, meneliti dimensi anggota tubuh manusia dalam berbagai posisi tubuh saat melakukan berbagai aktivitas kerja dalam lingkungannya.
2. Faal tubuh, meneliti aspek yang berhubungan dengan energi yang dibutuhkan manusia dalam melakukan kerja.
3. Biomekanika, meneliti aspek yang berhubungan dengan daya tahan tubuh terhadap beban mekanik gerak anggota tubuh yang meliputi kecepatan, kekuatan, ketelitian, dan lain-lain.
4. Pengindraan, meneliti aspek kemampuan manusia dalam menerima isyarat-isyarat dari luar yang ditangkap oleh indera, seperti penglihatan, pendengaran, penciuman, peraba dan perasa.

5. Psikologi kerja, meneliti berbagai faktor signifikan yang mempengaruhi kondisi psikologi seseorang dalam konteks penggunaan suatu produk dan lingkungan kerja, karena adanya kolerasi yang erat antara unsur yang bersifat fisik maupun psikologi.

Dengan ergonomi diharapkan penggunaan objek fisik dan fasilitas dapat lebih efektif serta dapat memberikan keselamatan, kenyamanan, kesehatan dan kepuasan kerja. Dilihat dari sisis rekayasa, informasi hasil penelitian *ergonomic* dapat dikelompokan menjadi empat bidang penelitian, yaitu :

1. Penelitian tentang *display*

   Tampilan (*Display*) adalah suatu perangkat yang mampu menyajikan informasi tentang keadaan lingkungan dan mengkomunikasikannya kepada manusia dalam bentuk tanda-tanda, angka, lambang, dsb. Contoh : Peta, Termometer
2. Penelitian tentang kekuatan fisik

   Penyelidikan ini mengukur kekuatan serta ketahanan fisik manusia pada saat bekerja. Penyelidikan ini juga mempelajari perancangan objek serta peralatan yang sesuai dengan kemampuan fisik manusia pada saat melakukan aktivitasnya.
3. Penelitian tentang ukuran/dimensi tempat kerja

   Penyelidikan ini bertujuan untuk mendapatkan rancangan tempat kerja yang sesuai dengan ukuran (dimensi) tubuh manusia,
4. Penelitian tentang lingkungan kerja

   Penyelidikan ini meliputi penyelidikan mengenai lingkungan fisik, tempat kerja dan fasilitas kerja.

2.1.1. Interaksi Manusia Dan Mesin

Suatu sistem akan terjadi dalam suatu lingkungan yang akan memberikan batasan, dan perubahan-perubahan yang timbul dalam lingkungan ini akan mempengaruhi sistem dan elemen-elemen sistem tersebut. Satu hal yang sangat penting dipertimbangkan didalam analisis sistem ialah bahwa setiap sistem akan

merupakan bagian (sub-sistem) dari sistem lain yang lebih besar. Dengan demikian pendekatan sistem (*System Approach*) akan dimaksudkan sebagai pendekatan yang memperhatikan setiap permasalahan secara total atau terpadu (*integral*). Pemecahan masalah dalam hal ini harus dianalisis dengan melihat keterkaitan antara satu dengan sub-sistem yang lainnya.

Dengan "mesin" maka di sini akan diartikan secara luas, yaitu mencakup semua objek fisik seperti mesin, peralatan, perlengkapan dan fasilitas dan benda-benda yang biasa dipergunakan manusia dalam melaksanakan kegiatannya.

Sistem biasa diklasifikasikan sebagai closed system dimana manusia di sini memegang posisi kunci, karena keputusan akan sangat tergantung pada dirinya. Arus informasi dan arahnya dalam hal ini bisa digambarkan sebagai berikut :

- *Display instrument* akan mencatat dan memberikan informasi mengenai perkembangan kegiatan/proses produksiyang berlangsung, operator kemudian menyerap informasi ini secara visual dan/atau suara dan mencoba menginterprestasikannya (persepsi) secara seksama. Berdasarkan interprestasi yang dilakukan serta pengetahuan yang sebelumnya sudah dimiliki maka operator (manusia) kemudian mencoba membuat keputusan.
- Langkah berikutnya, operator kemudian mencoba mengkomunikasikan keputusan yang telah diambil ke mesin dengan menggunakan mekanisme kontrol. Instrumen kontrol selanjutnya memberikan gambaran (*display*) mengenai hasil dari tindakan yang telah dilakukan oleh operator, dan selanjutnya sistem kerja akan memberikan proses kegiatan produksi sesuai dengan program yang diberikan oleh operator tersebut. Demikian seterusnya siklus ini akan berlangsung.

Dari sistem manusia-mesin yang dimodelkan sederhana diatas tampak bahwa problematik Ergomomi akan nampak dalam hal persepsi yang diambil oleh manuasia (operator) dari instrument *display* (mesin) dan handling operations yang

dilaksanakan operator pada saat menangani mekanisme kontrol dari mesin. Di sini penelitian ergonomi dapat dilakukan dalam bentuk persepsi *visual*, bentuk *display* untuk menampilkan informasi dan rancangan dari mekanisme kontrol mesin itu sendiri. Dengan demikian perancangan *"interface"* dari sistem manusia-mesin perlu memperhatikan segala kelebihan, kekurangan atau pun keterbatasan manusia pada saat mereka harus berinteraksi dalam hubungan kerja manusia dengan mesin (fasilitas produksi). Interface yang harus dirancang dengan pertimbangan Ergonomi tersebut berupa display

2.1.2. Perancangan Stasiun Kerja

Kegiatan manufakturing bisa didefinisikan sebagai satu unit atau kelompok kerja yang berkaitan dengan berbagai macam proses kerja untuk merubah bahan baku menjadi produk akhir yang dikehendaki. Kegiatan masing-masing unit kerja ini akan berlangsung di suatu lokasi kerja atau stasiun kerja.
Berkaitan dengan perancangan areal/stasuin kerja dalam industri, maka ada beberapa aspek ergonomis yang harus dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Sikap dan Posisi Kerja

   Pertimbangan-pertimbangan ergonomis yang berkaitan dengan sikap/posisi kerja akan sangat penting. Beberapa jenis pekerjaan akan memerlukan sikap dan posisi tertentu yang kadang-kadang cenderung untuk tidak mengenakan. Kondisi kerja seperti ini memaksa pekerja selalu berada pada sikap dan posisi kerja yang "aneh" dan kadang-kadang juga harus berlangsung dalam jangka waktu yang lama, hal ini tentu saja akan mengakibatkan pekerjaan cepat lelah, membuat banyak kesalahan atau menderita cacat tubuh. Untuk menghindari sikap dan posisi kerja yang kurang *favourable* ini pertimbangan-pertimbangan ergonomis antara lain menyarankan hal-hal seperti :

   - Mengurangi keharusan operator untuk bekerja dengan sikap dan posisi membungkuk dengan frekuensi kegiatan yang sering atau jangkauan waktu lama.

- Operator tidak seharusnya duduk atau berdiri pada saat bekerja untuk waktu yang lama dengan kepala, leher, dada atau kaki berada dalam sikap atau posisi miring.
- Operator tidak seharusnya menggunakan jarak jangkauan maksimum yang bisa dilakukan, pengaturan posisi kerja dalam hal ini dilakukan dalam jarak jangkauan normal (konsep/prinsip ekonomi gerakan).
- Operator tidak seharusnya dipaksa bekerja dalam frekwensi atau periode waktu yang lama dengan tangan atau lengan berada dalam posisi diatas leel siku yang normal.

2. Efisiensi Ekonomi Gerakan Dan Pengaturan Fasilitas Kerja

   Perancangan sistem kerja haruslah memperhatikan prosedur-prosedur untuk mengkomunikasikan gerakan-gerakan kerja sehingga dapat memperbaiki efesiensi dan mengurangi kelelahan kerja. Pertimbangan mengenai sistem kerja dari suatu industri, karena hal ini akan mempermudah modifikasi bilamana diperlukan terhadap hardware, prosedur kerja, dan lain-lain. Seperti yang umum dijumpai sekali mesin diinstalasikan atau fasilitas fisik pabrik dibangun maka yang terjadi adalah manusia harus segera mampu beradaptasi dengan kondisi-kondisi yang telah terpasang tersebut. Organisasai fasilitas kerja sehingga operator secara mudah akan mengetahui lokasi penempatan mterial (bahan baku, produk akhir atau limbah buangan scrap), *spare parts*, peralatan kerja, mekanisme kontrol atau *display* dan lain-lain yang dibutuhkan tanpa harus mencari-cari.

2.2. Anthropometri

Atrhopometri merupakan cabang ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan pengukuran dimensi tubuh, baik ukuran, bentuk dan komposisi tubuh. Antropometri adalah satu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia, ukuran, bentuk dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain. Data antropometri berguna

untuk perancangan berbagai peralatan agar dapat dipergunakan secara optimal sehingga pekerja dapat bekerja dengan aman dan nyaman.

Antropometri dapat dipisahkan menjdi dua bagian, yaitu antropometri statis dan antropometri dinamis. Antropometri statis sehubungan dengan pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan diam atau dalam posisi yang telah ditentukan, misalnya ukuran tubuh untuk mendesain meja dan kursi. Sedangkan anthropometri dinamis sehubungan dengan pengukuran keadaan dan ciri-ciri fisik manusia dalam keadaan bergerak atau memperhatikan gerakan-gerakan yang mungkin terjadi saat pekerja melaksanakan kegiatannya, misalnya menentukan lebar pintu untuk hilir mudik atau berpapasan.

Manusia pada umumnya akan berbeda-beda dalam hal ini bentuk dan dimensi ukuran tubuhnya karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti :

1. Umur

   Secara umum dimensi tubuh manusia akan tumbuh dan bertahan besar seiring dengan bertahanya umur yaitu sejak awal kelahiranya sampai dengan umur sekitar 20 tahun.

2. Jenis kelamin

   Secara distribusi statistik ada perbedaan yang signifikan antara dimensi tubuh pria dan wanita untuk kebanyakan dimensi pria dan wanita ada perbedaan yang signifikan diantara mean (rata-rata) dan nilai perbedaan ini tidak dapat diabaikan begitu saja.

3. Suku Bangsa

   Variasi di antara beberapa kelompok suku bangsa telah menjadi hal yang tidak kalah pentingnya terutama karena meningkatnya jumlah angka migrasi dari satu negara ke negara yang lain.

4. Pakaian

   Hal ini juga merupakan sumber variabilitas yang disebabkan oleh bervariasinya iklim/musim yang berbeda-beda yang berbeda dari satu tempat ke tempat lainnya terutama untuk daerah dengan empat musim.

5. Posisi tubuh (*posture*)

   Sikap (*Posture*) ataupun posisi tubuh akan berpengaruh terhadap ukuran tubuh oleh sebab ini, posisi tubuh standard harus diterapkan untuk *survey* pengukuran. Dalam kaitan dengan posisi tubuh dikenal 2 cara pengukuran yaitu :

   - Pengukuran dimensi struktur tubuh (*structural body dimension*)

     Di sini tubuh diukur dalam berbagai posisi standard dan tidak bergerak (tetapi tegak sempurna). Pengukuran struktur dimensi tubuh ukuran dalam hal ini diambil dengan P5 dan P95.
   - Pengukuran dimensi fungsional tubuh (*funtional body dimension*)

     Di sini pengukuran dilakukan terhadap posisi tubuh pada saat berfungsi melakukan gerakan-gerakan tertentu yang berkaitan dengan kegiatan yang harus di selesaikan.

Mengingat adanya perbedaan ini, maka dalam pemanfaatan data anthropometri untuk perancangan produk dikenal tiga prinsip dasar, yaitu :

1. Prinsip perancangan fasilitas berdasarkan individu ekstrim (minimum atau maksimum).

   Prinsip ini digunakan apabila kita mengharapkan fasilitas yang akan dirancang tersebut dapat dipakai dengan nyaman dan enak oleh sebagian besar orang-orang yang akan memakainya. Contohnya tinggi pintu, ukuran pintu pesawat terbang dan kekuatan dari alat-alat pendukung.

   Untuk prinsip ini terdapat dua bagian :

   b. Data nilai persentil tinggi (90%, 95% atau 99%)
   c. Data nilai persentil rendah (10%, 5% atau 1%)

2. Prinsip perancangan fasilitas yang dapat disesuaikan.

   Beberapa bagian tertentu dari peralatan atau fasilitas dapat dirancang sehingga dapat disesuaikan dengan individu yang memakainya. Prinsip ini digunakan untuk merancang suatu fasilitas agar fasilitas tersebut bisa menampung atau bisa dipakai dengan enak dan nyaman oleh semua orang

yang mungkin memerlukannya. Contoh dari perancangan fasilitas yang dapat disesuaikan yaitu kursi pengemudi mobil yang bisa diatur maju-mundur dan kemiringan sandaranya, kursi sekretaris yang bisa diatur tingginya.

3. Prinsip perancangan fasilitas berdasarkan harga rata-rata para pemakainya. Prinsip ini digunakan apabila perancangan berdasarkan harga ekstrim tidak mungkin dilaksanakan dan tidak layak jika kita menggunakan prinsip perancangan fasilitas yang bisa disesuaikan. Prinsip berdasarkan harga ekstrim tidak mungkin dilaksanakan karena lebih banyak rugi daripada untungnya, atrinya hanya sebagian kecil dari orang-orang yang merasa enak dan nyaman ketika menggunakan fasilitas tersebut. Sedangkan jika fasilitas tersebut dirancang berdasarkan fasilitas yang bisa disesuaikan tidak layak karena mahalnya biaya.

2.2.1. Konsep Presentil

Penerapan data antropometri ini akan dapat dilakukan jika tersedia nilai *mean* (rata-rata) dan SD (standar deviasi) dari suatu distribusi normal. Adapun distribusi normal ditandai dengan adanya nilai mean (rata-rata) dan SD (standar deviasi). Sedangkan persentil adalah suatu nilai yang menyatakan bahwa *percentase* tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut. Misalnya 95% populasi adalah sama dengan atau lebih rendah dari P95 dan 5% dari populasi berbeda sama dengan atau lebih rendah dari P5. Dalam pokok bahasan antropometri, P95 menunjukan tubuh berukuran besar, sedangkan P5 menunjukan tubuh berukuran kecil.

2.3. Pengukuran Waktu

Pada bagian ini akan membahas pengukuran yang belum dibicarakan, yaitu pengukuran kerja pada garis besarnya teknik-teknik pengukuran waktu dibagi kedalam dua bagian, pertama secara langsung dan kedua secara tidak langsung. Cara pertama disebut demikian karena pengukurannya dilaksanakan secara langsung yaitu tampat dimana perkejaan yang bersangkutan dijalankan.

Dua cara yang termasuk didalamnya adalah cara jam berhenti dan sampling perkejaan. Sebaiknya cara tidak langsung melakukan perhitungan waktu tanpa harus berada di tempat perkerjaan yaitu dengan membaca table-tabel yang tersedia asalkan mengetahui jalanya pekerjaan melalui elemen-elemen gerakan. Yang termasuk kelompok ini adalah data waktu baku dan data waktu gerakan. Dengan salah satu dari cara-cara ini, waktu penyelesaian suatu perkejaan yang dijalankan dengan suatu sistem kerja tertentu dapat ditentukan. Sehingga jika pengukuran dilakukan terhadap beberapa alternatif sistem kerja, yang terbaik diantaranya dilihat dari segi waktu dapat dicari yaitu sistem yang membutukan waktu penyelesaian tersingkat.

Lebih jauh lagi pengukuran waktu ditujukan juga untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian perkejaan yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang perkeja normal untuk menyelesaikan suatu perkejaan yang dijalakan dalam sistem kerja terbaik. Harap dipehatikan pengetian waktu baku ini kata-kata warjar, normal dan terbaik. Ini dimaksudkan untuk menunjukan bahwa waktu baku yang dicari bukankah waktu penyelesian yang diselesaikan secara tidak wajar seperti terlampau lambat, bukan yang diselesaikan oleh seorang pekerja yang istimewa terampilnya atau lamban dan pemalas, dan bukan pula yang mengerjakannya dalam sistem kerja yang belum terbaik.

Memang, dalam melakukan pengukuran-pengukuran, masalah-masalah kewajaran kerja, kenormalan bekerja dan baiknya sistem kerja mendapatkan perhatian besar dan dalam pembahasan tetang mengukur waktu hal ini kerap kali disinggung terutama dalam bab 8 dan 10 bab 9 secara khusus membahas masalah penyesuaian dan kelonggaran, dua hal yang sangat berkaitan dengan hal-hal diatas.

Langkah-langkah Sebelum Melakukan pengukuran

Untuk mendapatkan hasil yang baik, yaitu yang dapat dipertanggung jawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan beberapa kali pengukuran

dengan menggunakan jam henti. Banyak faktor yang harus diperhatikan agar akhirnya dapat diperboleh waktu yang pantas untuk perkerjaan yang bersangkutan seperti yang berhubungan dengan kondisi kerja, cara pengukuran jumlah pengukuran dan lain-lain. Dibawah ini adalah sebagai langkah yang pelu diikuti agar maksud diatas dapat dicapai.

2.3.1. Penetapan Tujuan Pengukuran.

Sebagaimana halnya dengan berbagai kegiatan lain. Tujuan melakuakan kegiatan harus ditetapkan terlebih dahulu. Dalam pengukuran waktu, hal-hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran digunakan, beberapa tingkat ketelitian dan tingkat kenyakinan yang diinginkan dari hasil pengukuran tersebut.

Misalnya jika waktu baku yang akan di peroleh dimaksudkan untuk di pakai sebagai dasar upah perangsang, maksud ketelitian dan keyakinan tetang hasil pengukuran harus tinggi karena menyakut prestasi dan memdapat buruh di samping keutungan bagi perusahan itu sendiri. Tetapi jika pengukuran dimaksudkan untuk memperkirakan secara kasar bilamana pemesan barang dapat di kembalikan untuk mengabil pesananya, maka tingkat ketelitian dan tingkat keyakinannya tidak perlu sebesar tadi.

2.3.2. Melakukan Penelitian Pendahuluan.

Yang dicari-cari pengukuran waktu adalah wktu yang pantas diberikan kepada pekerja untuk meyelesaikan suatu pekerjaan. Tentu suatu kondisi yang ada dapat dicari waktu yang patas tersebut; artinya akan didapat juga waktu yang pantas untuk menyelesaikan perkejaan dengan kondisi yang bersangkutan. Suatu perusahan biasanya menginginkan waktu kerja sesingkat-singkatnya agar dapat meraih keutungan yang besar-besarnya. Ketuntungan demikian tidak akan diperoleh jika kondisi kerja dari perkejaan-perkejaan yang ada diperusahaan tersebut tidak menunjang tercapainya hal tadi.

Marilah kita lihat sebuah contoh. Katakanlah ada suatu pekerjaan yang berada disebuah ruang yang berjendela tidak cukup besar. Keadaan ini bukan saja akan mengakibatkan pengapnya ruang karena tidak lancarnya pertukaran udara, tetapi juga menyebabkan gelapnya disaat hari mendung. Keadaan meja dimana pekerjaan dilakukan, tidak baik; terlalu tinggi jika pekerja duduk dikursi, dan terlalu rendah jika pekerja berdiri. Waktu penyelesaian yang pantas untuk kondisi demikian tentu bisa dicari, tetapi dapat diduga bukanlah waktu yang sebaik-baiknya, melainkan waktu yang lebih panjang dari yang seharusnya yang diperlukan. Bagi pekerja, kondisi demikian tidak terlalu mengutungkan; antara lain menghambat dirinya berperstasi kerja di samping akibat-akibat jangka panjang seperti terhadap kesehatannya.

Dari contoh ini dapatlah ditarik kesimpulan bahwa waktu kerja yang yang pantas hendaknya merupakan waktu kerja yang didapat dari kondisi kerja yang baik. Dengan lain perklataan pengukuran waktu sebaiknya dilakukan bila kondisi kerja dari perkejaan yang diukur sudah baik. Jika belum maka kondisi yang ada hendaknya diperbaiki terlebih dahulu.

Hal yang sama dapat terjadi bila cara-cara kerja yang digunakan untuk menyelesaikan perkejaan yang belum baik. Untuk mendapat waktu penyelesaian yang singkat, perbaikan cara kerja perlu juga dilakukan. Memperlajari kondisi kerja dan cara kerja kemudia memperbaikinya, adalah apa yang dilakukan dalam langkah penelitian pendahuluan. Tentunya ini berlaku jika pengukuran dilakukan atas pekerjaan yangt telah ada bukan pekerjaan yang baru. Dalam keadaan yang seperti terakhir, maka yang dilakukan bukanlah memperbaiki melainkan merancang kondisi dan cara kerja yang baik yang baru sama sekali.

Untuk memperbaiki kondisi dan cara kerja diperlukan pengetahuan dan penerapan sistem kerja yang baik dan cara kerja yang diperlukan pengetahuan dan penerapan sistem kerja yang baik yang prinsip-prinsip beserta keterangan-keterangan telah dibahas pada bab-bab sebelumnya.

Suatu hal lain harus dilakukan dalam rangka ini, yaitu membakukan secara tertulis sistem kerja yang dianggap baik. Disini semua kondisi dan cara kerja dicatat dan dicamtumkan dengan jelas serta bila perlu dengan gambar-gambar misalnya untuk tata letak peralatan dan wadah. Pembakuan sistem kerja yang terpilih adalah suatu hal yang penting bsik dilihat untuk keperluan sebelum, pada saat-saat, maupun sesudah pengukuran dilakukan dan waktu baku didapatkan.

Kerap kali, sebelum pengukuran dilakukan, operator yang dipilih untuk melakukan pekerjaan melakukan serangkaian latihan dengan sistem kerja yang baku. Ini terjadi bila operator tadi belum terbiasa dengan sistem tersebut. Untuk ini baik sistem operator maupun pengukuran waktu untuk melatihnya memerlukan suatu pegangan yang baku.

Begitu pula pada saat pengukuran dilakukan, keduanya memerlukan pegangan agar sistem kerja yang dipilih itu tetap diselenggarakan

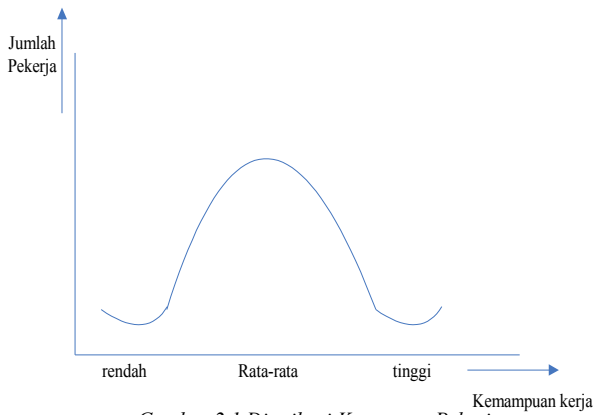
Waktu yang akhirnya diperoleh setelah pengukuran selesai adalah waktu penyelesaian perkejaan untuk sistem yang dijalankan ketika pengukuran berlangsung. Jadi waktu penyesuaianyapun berlaku hanya untuk sistem trsebut. Suatu penyimpangan dari padanya dapat memberikan waktu penyelesaian yang jauh berbeda dari yang telah di tetapkan berdasarkan pengukuran. Karenanya catatan yang baku tetang sistem kerja yang dipilih perlu ada dan dipelihara. Walaupun pengukuran telah selesai.

2.3.3. Memilih Operator.

Operator yang akan melakukan pekerjaan yang diukur bukanlah orang yang begitu saja diambil dari prabrik. Orang ini harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu agar pengukuran dapat berjalan baik, dan dapat diandalkan hasilnya. Syarat-syarat tersebut adalah berkemampuan normal dan dapat diajak bekerja sama.

Jika jumlah pekerja yang tersedia ditempat kerja yang bersangkutan banyak maka jika kemampuan mereka dibandingkan akan terlihat perbadingkan perbedaan diantaranya, yaitu dari yang berkemampuan rendah sampai tinggi. Berdasakan penyelidikan, distribusi kemampuan perkeja umumnya akan mengikuti. terliat bahwa orang-orang yang berkemampuan rendah dan berkemampuan tinggi jumlahnya sedikit. Sedangkan orang yang berkemampuan rata-rata jumlahnya banyak. Secara stastistik distribusi demikian dapat dibuktikan berdistribusi nomal atau dapat didekati oleh distribusi normal.

Kembali pada tujuan mengukuran waktu yaitu untuk memdapatkan waktu penyelesaian, maka dengan melihat kenyataan kemampuan pekerja seperti ditujukan tadi jelaslah orang yang dicari bukanlah orang yang berkemampuan tinggi atau rendah, karena orang-orang demkian hanya meliputi sebagian kecil saja dari seluruh pekerja yang ada. Jadi yang dicari adalah penyelesaian pekerjaan yang secara wajar diperlukan oleh pekerja normal, dan ini adalah orang-orang yang berkemampuan rata-rata. Dengan demikian pengukur harus mencari operator yang memenuhi hal tersebut.



Gambar 2.1 Distribusi Kemapuan Pekerja

Disampaing itu operator yang terpilih adalah orang yang saat pengukuran dilakukan mau bekerja secara wajar. Walau operator yang bersangkutan sehari-hari dikenal memenuhi syarat pertama tadi bukan mustahil dia berkeja tidak wajar ketika pengukuran dilakukan karena alasan tertentu. Biasanya jika operator

tersebut memiliki kecurigaan terhadap maksud-maksud pengukuran, misalnya dianggap untuk hal-hal yang akan merugikan sendirinya atau pekerjaan lain, dia akan bekerja lamban. Sebaliknya mungkin saja dia bekerja dengan kecepatan lebih karena menginginkan hasil yang banyak untuk memdapatkan pujian. Selain itu operatorpun harus dapat bekerja secara wajar tanpa canggung walaupun dirinya sedang diukur dan pengukuran berada didekatnya.

Penjelasan' tetang maksud baik pengukuran serta tetang operator sebaiknya bersikap ketika sedang diukur, perlu diberikan dahulu. Dan operatorpun harus mengerti dan menyadari sepenuhnya. Inilah yang dimaksud bahwa operator harus dapat diajak bekerja sama.

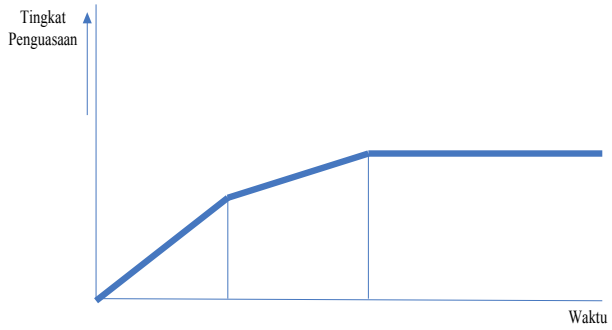
Dalam pelaksanaannya, jika pengukur tidak mengenal pekerja-pekerja yang ada, untuk mendapatkan operator yang akan diukur, dia dapat mencari dengan mendapatkan pentujuk dari kepala-kepala regu, kepala pabrik atau pejabat-penabat lain yang telah mengenal baik para pekerja. Data tetang hasil-hasil kerja para pekerja dalam catatan-catatanditempat kerja juga dapat membantu pekerjaan ini.

2.3.4. Melatih Operator

Walaupun operator yang baik telah didapat, kadang-kadang masih diperlukan adalah bagi operator tersebut terutama jika kondisi dan cara kerja yang dipakai tidak sama dengan yang biasa dijalankan operator.

Hal ini terjadi jika pada saat penelitian pendahuluan kondisi kerja atau cara kerja sesudah mengalami perubahan. Dalam keadaan ini operator harus dilatih terlebih dahulu karena sebelum diukur operator harus terbiasa dengan kondisis dan cara kerja yang telah ditetapkan (dan telah dibekukan) itu. Harap diingat bahwa yang dicari adalah waktu penyelesaian perkerjaan yang didapat dari suatu penyelesaian wajar dan bukan penyelesaian dari orang yang bekerja kaku dengan berbagai kesalahan.

Gambar 2.2. menunjukan kurva pengembangan penguasaan pekerjaan oleh operator sejak mulai mengenalnya sampai terbiasa.



Gambar 2.2. Kurva Belajar

Lengkungan dikenal sebagai lengkungan belajar (learning kurve). Operator, baru dapat diukur bila sudah berada pada tingkat penguasaan maksimum yang pada kurva ditujukan oleh garis stabil yang mendatar, dimana garis ini operator telah memiliki penguasaan paling tinggi yang dapat ia capai; bisanya latihan-latihan lebih lanjut tidak akan merubah banyak kurva tersebut. Disamping mempelajari kurva belajar operator yang bersangkutan, penguasaan yang telah baik biasanya tercermin pada gerakan-gerakan yang "halus" (tidak kaku), berirama, dan tanpa banyak melakukan perencanaan-perencanaan gerak.

2.3.5. Mengurai Pekerjaan Atas Elemen Pekerjaan

Disini pekerjaan dipecah menjadi elemen pekerjaan, yang merupakan gerak bagian dari perkejaan yang bersangkutan. Elemen-elemen inilah yang diukur waktunya. Waktu silklusnya jumlah dari waktu setiap elemen ini. Waktu siklus adalah waktu penyelesaian satu satuan produksi sejak bahan baku mulai diproses ditempat kerja yang bersangkutan.Misalnya waktu yang dibutukan untuk merakit ballpen adalah waktu yang dibutukan untuk menggabungkan bagian ballpen, pegas, isi dan bagian atasnya sehingga merupakan suatu ballpen yang lengkap. Gerak-gerakan. Menggabungkan bagian bahwa, pegas dan seterusnya dapat merupakan elemen-elemen pekerjaan, dan jumlah dari waktu gerakan-gerakan ini adalah waktu siklus perakitan ballpen.

Namun satu siklus tidak harus berarti waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu produk sehingga menjadi barang jadi seperti ballpen tadi yang sudah di pakai. Jika pekerjaan merakit ballpen diserahkan kepda dua orang dimana orang yang pertama menggabungakan bagian bawah, pegas dan isi, dan orang kedua menggabungkan bagian atas kebagian lainya yang telah diselesaikan oleh orang pertama, dan bila setiap pekerja dianggap dua stasiun kerja berbeda, maka waktu siklus bagi orang pertama hanya jumlah waktu yang diperlukan untuk menggabungkan bagian bawah, pegas dan isi.

Ada beberapa alasan yang menyebabkan pentingnya melakukan penguraian pekerjaan atas elemen-elemennya. Pertama untuk menjelaskan cacatan tetang tata cara kerja yang dibakukan. Pada langkah kedua diatas telah dikemukakan bagaimana kondisi dan cara kerja yang telah (dianggap) baik dibakukan, yaitu menyatakan secara tertulis untuk kemudia digunakan sebagai pegangan sebelum, pada saat-saat, dan sesudah pengukuran waktu. Salah satu cara membakukan cara kerja adalah dengan membakukan pekerjaan berdasarkan elemen-elemennya.

Kedua adalah untuk memungkinkan melakukan penyesuain bagi setiap elemen karena keterampilan bekerjanya operator belum tentu sama untuk semua bagian dari gerakan-gerakan kerjanya.

Sebab ketiga melakukan pembagian kerja menjadi elemen-elemen pekerjaan adalah untuk memudahkan mengamati terjadinya elemen yang tidak baku yang mungkin saja dilakukan pekerja. Elemen demikian bisa diterima jika memeng harus terjadi, mislanya gerakan-gerakan yang dilakukan tidak pada setiap siklus secara berkala seperti memeriksa ukuran/pada setiap produk kesepuluh yang dihasilkan. Sebaiknya elemen demikian harus dibuang dari pengamatan jika terjadinya semata-mata karena penyimpangan dari elemen-elemen baku tanpa alasan baik disadari atau tidak oleh operator.

Dan alasan keempat adalah untuk memungkinkan dikembangkannya data waktu Standard atau tempat kerja yang bersangkutan. Jika ini yang merupakan sebab maka pembagian pekerjaan atas elemen-elemennya harus mengikuti aturan khusus.

Jelaslah sekarang mengapa perlu melakukan penguraian elemen-elemen dari suatu pekerjaan yang akan diukur waktunya. Walaupun demikian ketentuan ini tidak bersifat mutlak; artinya jika alasan-alasan diatas dianggap tidak penting atau dirasakan tidak akan terjadi maka langkah ini tidak perlu dilakukan. Dengan lain perkataan yang diukur waktunya adalah siklusnya (bukan elemen-elemennya). Pengkuran demikian disebut pengkuran keseluruhan. Sedangkan pengukuran demikian adalah bila pengukuran dilakukan terhadap setiap elemen-elemen pekerjaan.

Sehubungan dengan langkah-langkah kelima ini, ada beberapa pedoman penguraian pekerjaan atas elemen-elemennya, yaitu:

- Sesuai dengan ketelitian yang diinginkan, uraikan pekerjaan menjadi elemen-elemennya seterperinci mungkin, tetapi masih dapat diamati oleh indera pengukur dan dapat direkam waktunya oleh jam henti yang digunakannya.
- Untuk memudahkan, elemen-elemen pekerjaan hendaknya berupa satu atau beberapa elemen gerakan misalnya seperti yang dikembangkan oleh Gelbreth..
- Jangan sampai ada elemen yang tertinggal: jumlah dari semua elemen harus tetap sama dengan satu pekerjaan yang bersangkutan.
- Elemen yang satu hendaknya dipishkan dari elemen yang lain secara jelas. Batas-batas diantaranya harus dapat dengan mudah diamati agar tidak ada keragu-raguan dalam menentukan bagaimana suatu elemen berakhir dan bilamana elemen berikutnya bermula kadang-kadang disamping mata, telingapun dapat digunakan untuk mengetahui perpindahan elemen terutama jika perpindahan tersebut menimbulkan bunyi.

2.3.6. Menyiapkan Alat-alat Pengukuran

Setelah kelima langkah diatas dijalankan dengan baik, tibalah sekarang pada langkah terakhir sebelum melakukan pengukuran yaitu menyiapkan alat-alat yang diperlukan. Alat-alat adalah :

- Jam henti
- Lembaran-lembaran pengamatan
- Pena atau pensil
- Papan pengamatan

2.3.7. Tingkat Ketelitian dan Tingkat Keyakinan.

Yang dicari dengan melakukan pengukuran-pengukuran ini adalah waktu yang sebenarnya dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Karena waktu penyelesaian ini tidak pernah diketahui sebelumnya maka harus diadakan pengukuran-pengukuran. Yang ideal tentunya dilakukan pengukuran-pengkuran yang sangat banyak (sampai tak terhingga kali, misalnya), karena dengan demikian diperoleh jawaban yang pasti. Tetapi hal ini jelas tidak mungkin karena keterbatasan waktu, tenaga dan tentunya biaya. Namun sebaliknya jika tidak dilakukan beberapa kali pengukuran saja, dan diduga hasilnya sangat kasar. Sehingga yang diperlukan adalah jumlah pengukuran yang tidak membebankan waktu, tenaga dan biaya yang besar tetapi hasilnya tidak dapat dipercaya. Jadi walaupun pengukuran tidak berjuta kali, tetapi jelas tidak hanya beberapa kali saja.

Dengan tidak dilakukannya pengukuran yang banyak sekali ini, pengukur akan kehilangan sebagian kepastian akan kecepatan/rata-rata waktu penyelesainya yng sebenarnya. Hal ini harus disadari oleh pengukur; tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan adalah pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak.

Tingkat ketelitian memujukan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya. Hal ini biasanya dinyatakan dalam persen (dari waktu penyelesaian sebenarnya, yang seharusnya dicari). Sedangkan tingkat kenyakinan menunjukan besarnya keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi. Inipun dinyatakan dalam persen. Jadi tingkat ketelitian 10% dan tingkat kenyakinan 95% memberi arti bahwa pengukur membolehkan rata-rata hasil pengukurannya menyimpang sejauh sepuluh 10% dari rata-rata sebenarnya; dan kemungkinan berhasil mendapatkan hal ini adalah 95%. Dengan lain perkatan jika pengukur sampai memperoleh rata-rata pengukuran yang memyimpang lebih dari 10% seharunya, hal ini dibolehkan terjadi hanya dengan kemukinan 5% (= 100%-95%).

Sebagi contoh, katakanlah rata-rata waktu penyelesaian pekerjaan adalah 100 detik. Harga ini tidak pernah diketahui kecuali jika dilakukan tak terhingga kali pengukuran. Paling jauh yang didapat dilakukan adalah memperkirakannya dengan melakukan sejumlah pengukuran. Dengan pengukuran yang tidak sebanyak itu maka rata-rata yang diperoleh mungkin tidak 100 detik, tetapi suatu harga yang lain, mislanya 88,96 atau 100 detik. Katakanlah rata-rata pengukuran yang didapat 96 detik. Walapun rata-rata sebenarnya (= 100 detik) tidak diketahui, jika pengukuran yang dilakukan memenuhi untuk tingkat ketelitian 10% dan tingkat kenyakinan 95%, maka pengukuran mempunyai kenyakinan 95% bahwa 95 detik itu terletak pada interval harga rata-rata yang sebenarnya dikurangi 10% dari rata-rata ini, dan harga rata-rata sebenarnya ditanbah 10% dari rata-rata ini.

Mengenai pengaruh tingkat-tingkat ketelitian dan keyakinan terhadap jumlah pengukuran yang diperlukan dapat dipelajari secara statistik. Tetapi secara intuitif hal ini dapat diduga yaitu bahwa semaking tinggi tingkat ketelitian dan semakin besar tingkat keyakinan, semakin banyak pengukuran yang diperlukan.

2.3.8. Pengujian Keseragaman Data

Sekarang kita lihat beberapa hal yang berhubungan dengan pengujian keseragaman data. Secara teroritis apa yang dilakukan dalam pengujian ini adalah berdasarkan teori statistik tetang peta peta kontor yang biasanya digunakan dalam melakukan pengendalian kualitas di pabrik atau tempat-tempat kerja-kerja yang lain

.

Telah dikemukakan bahwa satu langkah yang dilakukan sebelum dilakukan pengukuran adalah merangcangan suatu sistem kerja yang baik, yang terdiri dari kondisi kerja dan cara kerja yang baik. Jadi yang dihadapi adalah suatu sistem yang dikerjakan sudah ada maka sistem ini di perlajari untuk kemudian iperbaiki. Jika sistemnya belum ada maka yang dilakukan adalah merancang suatu yang baru yang baik. Terhadap suatu sistem yang baik inilah pengukuran waktu dilakukan, dan dari sistem inilah waktu penyelesaian pekerjaan dicari. Walau selanjutnya pembakuan sistem yang dipadang baik ini dilakukan, seringkali pengukur, sebagaimana halnya juga operator, tidak mengetahui terjadinya perubahan-perubahan pada sistem kerja. Memang perubahan adalah suatu yang wajar karena bagaimanapun juga sistem kerja tidak dapat dipertahankan tetap terus menerus pada keadaan yang tetap sama. Keadaan sistem yang selalu berubah dapat diterima, asalkan perubahannya adalah yang memeng sepantasnya terjadi. Akibatnya waktu penyelesaian yang di hasilkan sistem selalu berubah namun juga mesti dalam batas kewajaran. Dengan lain perkataan harus seragam.

Tugas mengukur adalah mendapatkan data yang seragam ini. Karena ketidak seragaman dapat dating tanpa disadari maka diperlukan suatu alat yang dapat “mendeteksi”. Batas-batas kontrol yang dibentuk dari data merupakan batas

seragam tidaknya data. Data yang dikatakan seragam, yaitu berasal dari sistem sebab yang sama, bila berada diantara kedua batas kontrol, dan tidak seragam, yaitu berasal dari sistem sesbab yang berbeda , jika berada diluar batas kontrol.

Yang diperhatikan dalam contoh pengujian keseragaman diatas adalah data yang berada didalam batas-batas kontrol; karenanya semua data yang dimaksud dalam perhitungan-perhitungan selanjutnya. Jika ada yang terletak diluar batas kontrol, apa yang dilakukan?

Misalkan dari ketiga puluh dua harga yang telah terkumpul, dengan cara-cara yang sama didapat BKA = 18,246, dan sub grup ke enam berharga rata-rata 19,261. jelas sub grup ini berada diluar batas kontrol karena diatas harga BKA. Oleh sebab itu sub grup ini harus “dibuang” karena berasal dari sistem sebab yang berbeda. Dengan demikian untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya seperti untuk mencari banyaknya pengukuran yang harus dilakukan semua data dalam sub grup ini tidak turut dipehitungankan.

2.3.9. Melakukan Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerjanya baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disaipkan diatas. Bila operator telah siap didepan mesin atau ditempat kerjanya akan diukur, maka pengukuran memilih posisi tempat dia berdiri mengamati dan mencacat. Posisi ini hendaknya sedemikian rupa sehingga operator tidak terganggu gerakan-gerakannya ataupun merasa canggung karena terlampau merasa diamati, misalnya juga pengukuran berdiri didepan operator. Posisi ini pun hendaknya memudahkan pengukur mengamati jalanya pekerjaan sehingga dapat mengikuti dengan baik saat-saat suatu siklus/elemen bermula dan berakhir. Umunya posisi agak menyimpang dibelakang operator sejauh 1,5 meter merupakan tempat yang baik. Berikut ini adalah hal-hal yang dikerjakan selama pengukuran berlangsung.

Hal pertama yang dilakukan adalah pengukuran pendahuluan. Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan ialah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat-tingkat ketelitian dan keyakinan yang dinginkan. Seperti telah dikemukakan, tingkat-tingkat keletlitian dan keyakinan ini ditetapkan pada saat menjalankan langkah penetapan tujuan pengukuran.

Untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan, diperlukan beberapa tahap pengukuran pendahuluan seperti dijelaskan berikut ini.

Pengukuran pendahuluan pertama dilakukan dengan melelakukan beberapa buah pengukuran yang banyaknya ditentukan oleh pengukur. Biasanya sepuluh kali atau lebih. Setelah pengukuran tahap pertama ini dijalankan, tiga hal harus mengikutinya yaitu menguji keseragaman data, menghitung jumlah pengukuran yang perlukan, dan bila jumlah belum mencukupi dilanjutkan dengan pengukuran pendahuluan kedua. Jika tahap kudua selesai maka dilakukan lagi ketiga hal yang sama seperti tadi dimana bila perlu dilanjukan dengan pengukuran pendahuluan tahap kedua. Begitu seterusnya sampai jumlah keseluruhan pengukuran mencukupi untuk tingkat-tingkat ketelitian dan keyakinan yang dikehendaki. Isitilah pengukuran pendahuluan terus digunakan selama jumlah pengukuran yang telah dilakukan pada tahap pengukuran belum mencukupi.

Untuk jelasnya contoh berikut ini memperhatikan bagimana aturan tadi diikuti. Misalnya pengukuran pendahuluan tahap pertama telah dilakukan dan menghasilkan 16 data yang diperhatikan pada table berikut ini :

Pengukuran ke	1	2	3	4	5	6	7	8
Waktu	14	10	12	15	17	18	15	16

Pengukuran ke	9	10	11	12	13	14	15	16

Waktu	11	9	14	16	10	18	14	15

Pemrosesan hasil pengukuran diatas dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini :

Kelompok ke 16 harga tersebut kedalam sub grup-sub grup yang masing-masing berisi 4 harga pengukuran yang diperoleh secara berturut-turut, dan hitung harga rata-ratanya :

Sub grup ke (V)	**Waktu penyelesaian (n) Berturut-turut**				**Harga rata-rata**
1	14	10	12	15	12,75
2	17	18	15	16	16,50
3	11	9	14	16	12,50
4	10	18	14	15	14,25
	Jumlah				56,00

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

$$x = \frac{\sum xi}{k} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana : x adalah harga rata-rata sub grup ke-1

K adalah harga banyaknya sub grup yang terbentuk sehingga :

$$= \frac{56}{4} = 14 \quad \text{.....(2.2)}$$

- Hitung standard deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian dengan :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{N}} = N > 30 \qquad = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)}{N - 1}} = N < 30 \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana : N adalah jumlah pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan

X adalah waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran pendahuluan yang telah dilakukan.

Sehingga :

$$\sigma = \sqrt{\frac{(14-14)^2 + (10-14)^2 + \ldots\ldots\ldots + + (15-14)^2}{16-1}} \quad \ldots\ldots\ldots\

$$N' = \left[\frac{40\sqrt{16(14^2 + 10^2 ..... + 15^2) - (14 + 10 ..... + 15)^2}}{14 + 10 + ... + 15} \right]$$

Ini berarti untuk tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan tersebut masih tiperlukan sekitar (64,19 – 16) = atau 49 kali pengukuran lagi. Maka harus dilakukan pengukuran tahap kedua. Andaikan hasilnya seprti terlihat berikut ini :

Pengukuran ke	17	18	19	……31	31
Waktu	13	12	16	……12	10

Dalam contoh ini perhatikan bahwa pengukuran tahap kedua dan pertama adalah 32. Memang kita tidak perlu melakukan pengukuran tahap kedua sedemikian sehingga jumlah total 49 atau lebih karena umunya dengan bertambahnya jumlah data harga N" cenderung mengecil. Gejala ini disebabkan juga karena operator telah semedikian terbiasa dengan perkejaannya sehingga fluktuasi disebabkan juga karena operator telah semakin terbiasa dengan pekerjaannya sehingga fluktuasi waktu yang dihabiskanya mengecil.

Sendainya jumlah pengukuran yang diperlukan ternyata masih lebih besar dari besar dari pada jumlah pengukuran yang telah dilakukan (N'>N, maka dimana dalam contoh kita N = 16 + 16 = 32), maka pengukuran tahap ketiga harus dilakukan. Pada tahap inipun urut-urutan pekerjaan sama dengan tahap-tahap sebelumnya. Demikian seterusnya sampai jumlah pengukuran yang diperlukan sudah dilampaui oleh jumlah yang telah dilakukan (N'<N).

2.3.10. Melakukan Perhitungan Waktu Baku

Jika pengukuran-pengukuran telah selesai, yaitu semua data yang didapat memiliki keseragaman yang dikehendaki, dan jumlahnya telah memenuhi tingkat-tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan, maka selesailah kegiatan pengukuran waktu. Langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut sehingga

memberikan waktu baku. Cara untuk mendapatkan waktu baku dari data yang terkumpul itu adalah sebagai berikut :

a. Hitung waktu siklus rata-rata dengan

$$W_s = \frac{\sum X_l}{N} \quad \text{.....(2.10)}$$

Dimana X1 dan N menunjukan arti yang sama dengan yang telah dibahas sebelumnya.

b. Hitung waktu normal dengan :

$$Wn = Ws \times p \quad \text{.....(2.11)}$$

Dimana p adalah factor penyesuaian. Faktor ini diperhitungkan pengukur berpendapat bahwa operator bekerja dalam kecepatan tidak wajar, sehingga hasil perhitungan waktu perlu di sesuaikan atau dinormalkan dulu untuk mendapatkan waktu siklus rata-rata yang wajar. Jika pekerja bekerja dengan wajar, maka factor penyesuaiannya p sama dengan 1, artinya waktu siklus rata-rata sudah normal. Jika bekerjanya terlalu lambat maka untuk menormalkannya pengukur harus memberi harga p1, dan sebaliknya p1, jika dianggap bekerja cepat.

c. Hitung waktu baku :

Akhirnya setelah perhitungan di atas selesai, waktu baku penyelesaian pekerja kita dapatkan dengan

$$Wb = Wn\ (\ell + 1\ ) \quad \text{.....(2.12)}$$

Dimana 1 adalah kelonggaran allowance yang diberikan kepada pekerja untuk menyelesaikan pekerjaannya disamping waktu normal. Kelonggaran ini diberikan untuk hal-hal seperti kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa fatique dan gangguan-gangguan yang mungkin terjadi yang tidak dapat di hindarkan oleh pekerja. Umumnya kelonggaran dinyatakan dalam persen dari waktu normal.

2.3.11. Penyesuaian

Setelah pengukuran berlangsung, pengukur harus mengamati kerja yang ditunjukan operator. Ketidak wajaran dapat saja terjadi misalnya bekerja tanpa kesungguhan, sangat cepat seolah-olah diburu waktu, atau karena menjumpai kesulitan-kesulitan seperti karena kondisi ruangan yang buruk. Sebab-sebab

seperti ini mempengaruhi kecepatan kerja yang berakibat terlalu singkat atau terlalu panjangnya waktu penyelesaian. Hal ini jelastidak diinginkan karena waktu baku yang di cari adalah waktu yang diperoleh dari kondisi dan cara kerja yang baku yang diselesaikan secara wajar.

Andai kata ketidak wajaran ada maka pengukur harus mengetahui dan menilai seberapa jauh hal itu terjadi. Penilaian perlu diadakan karena berdasarkan inilah penyesuaian dilakukan. Jadi jika pengukur mendapatkan harga rata-rata siklus/elemen yang diketahui diselesaikan dengan kecepatan tidak wajar oleh operator, maka harga rata-rata tersebut menjadi wajar, pengukur harus menormalkannya dengan melakukan penyesuaian.

Biasanya penyesuaiaan dilakukan dengan mengalikan waktu siklus rata-rata atau waktu elemen rata-rata dengan suatu harga p yang disebut faktor penyesuaian. Besarnya harga p tentunya sedemikian rupa sehingga hasil perkalian yang diperoleh mencerminkan waktu yang sewajarnya atau yang normal. Bila pengukur berpendapat bahwa operator bekerja di atas normal (terlalu cepat) maka harga p nya akan lebih besar dari satu (p1); sebaliknya jika operator dipandang bekerja dibawah normal maka harga p akan lebih kecil dari satu (p). Seandainya pengukur berpendapat bahwa operator bekerja dengan wajar maka harga p nya sama dengan satu (p=1).

a. Beberapa Cara menentukan Paktor Penyesuaian

Cara pertama adalah cara persentase yang merupakan cara yang paling awal digunakan dalam melakukan penyesuaian. Disini besarnya faktor penyesuaian sepenuhnya dilakukan oleh pengukur melalui pengamatanya selama pengukuran. Jadi sesuai dengan pengukuran dia menentukan harga p yang menurut pendapatnya akan menghasilkan waktu normal bila harga ini dikalikan dengan waktu siklus. Misalnya sipengukur berpendapat bahwa p = 110%. Jika waktu siklusnya telah terhitung sama dengan 14,6 menit, maka waktu normalnya

Wn = 14,6 x 1,1 = 16,6 menit

Terlihat bahwa penyesuaian diseklesaikan dengan cara yang sangat sederhana. Memang cara ini merupakan cara yang paling mudah dan sederhana, namun segera pula terlihat adanya kekurangan ketelitian sebagai akibat dari "kasarnya" cara penilaian bertolak dari kelemahan ini dikembangkanlah cara-cara lain yang diipandangsebagai cara yang lebih objektif. Cara-cara ini umumnya memberikan "patokan" yang dimaksud untuk mengarahkan penilaian pengukuran terhadap kerja operator. Disini akan dikemukakan beberapa cara tersebut yaitu shumard, Westinghouse, dan objektif.

b. Konsep Tentang Bekerja Wajar

Telah dikemukakan bahwa ketidak wajaran harus diwajarkan untuk mendapat waktu normal. Pertanyaan yang timbul adalah bagaimana yang disebut wajar itu? dengan "standart" apa pengukur minilai wajar tidaknya seorang operator?

Biasanya, melalui pengamatan seorang pengukur dapat melihat bagaimana hal tersebut ditunjukan oprator. Dapat kehidupan sehari-haripun hal ini bisa kitarasakan yaitu, bila sesuatu waktu melihat seorang yang sedang bekerja dalam waktu yang tidak terlampau lama kita dapat menyatakan, misalnya orang tersebut bekerjanya lambat atau sangat cepat. Ini tidak lain berarti kita telah membandingkan sesuatu dengan sesuatu yang lain yang wajar, walaupun yang ditulis terakhir tidak selalu midah untuk menyatakan. Katepatan penilaian pengukur akan lebih teliti apabila dia telah cukup berpengalaman apabila bagi jenis pekerjaan yang sedang diukur. Memang pengalaman banyak menentukan, karena melalui pengalamanlah mata dan indra lain akan terlatih dalam memberikan penilaian. Semakin berpengalaman seorang pengukur, semakin pekalah indranya dalam melakukan penyesuian.

Untuk memudahkan pemilihan konsep wajar, seorang pengkur dapat mempelajari bagaiamana bekerjanya seorang operator yang dianggap normal itu yaitu : jika seorang operator ynag dianggap berpengalaman bekerja tanpa usaha-usaha yang berlebihan sepanjang hari bekerja, menguasai cara kerja yang ditetapkan, dan menunjukan kesungguhan dalam menjalankan pekerjaannya.

Disamping konsep-konsep yang dikemukakan oleh International Labour Organization, terdapat juga konsep lebih terperinci yaitu yang dikemukakan oleh lawry maynard dan stegemarten melalui cara penyesuian westinghouse. Mereka berpendapat bahwa ada empat faktor yang menyebabkan kewajaran dan ketidak wajaran dalam bekerja yaitu keterampilan. Usaha, kondisi kerja dan konsistensi. Ini akan dibicarakan kemudian yaitu pada pembahasan tentang cara-cara penyesuian

Walaupun usaha-usaha membakukan konsep bekerja wajar telah dilakukan, namun penyesuaian tetap tampak sebagai suatu yang sujektif. Memang hal inilah yang dipandangsebgai keramahan pengukuran waktu dilihatsecara alamiah. Namun bagaimanapun penyesuaian harus dilakukan karena ketidak wajaran yang menghsilkan ketidak normalan data merupakan sesuatu hal yang baiasa terjadi.

2.4. Bagian-bagian Anatomi Tubuh Manusia

Anatomi atau ilmu mempelajari sususnan tubuh dan hubungan bagian-bagiannya satu sama lain. Anatomi regional mempelajari menurut letak geografis bagian tubuh. Dan setiap region atau daerah, misalnya lengan, tungkai, dada, kepala, dan seterusnya ternyata terdiri atas sejumlah struktur atau susunan yang umum didapati pada semua region. Struktur itu ialah tulang, otot, syaraf, pembuluh darah dan seterusnya. Dengan dasar penelaahan seperti itu maka dijumpai sejumlah sistem jaringan yang berbeda-beda. Tentang hal ini semuanya dikelompokan bersama.

Mempelajari letak dan hubungan satu bagian tidak dapat terpisahkan dari pengamatan tentang kegunaan setiap struktur dan sistem jaringannya. Hal ini membawa kita ke penggunaan istilah *anatomi fungsional* yang bertalian erat dengan fisiologis atau ilmu faal. Kemudian diketahui bahwa ada struktur-struktur yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Maka diperkenalkanlah istilah *anatomi makroskopik* yang memerlukan penggunaan mikroskop. Bertalian erat dengan

anatomi ialah histologi atau ilmi tentang struktur halus dari tubuh dan sitologi, ilmu tentang sel.

Fisilogi mempelajari fungsi atau kerja tubuh manusia dalam keadaan normal. Ilmu ini sangat erat kaitannya dengan pengetahuan tentang semua makhluk hidup yang tercakup dalam pelajaran biologi. Dan bersamaan dengan itu juga erat hubungannya dengan tugas ahli stilogi yang mempelajari detail struktur sel, dan ahli biokimia yang berurusan dengan perubahan kimiawi dan kegiatan sel serta menyelidiki proses kimia jasad hidup yang serba kompleks. Juga erat hubungan dengan ilmu alam, yang mempelajari reaksi fisik dan gerak-gerakan yang terjadi di badan.

Tubih terbentuk atas banyak jaringan dan organ, masing-masing dengan fungsinya yang khusus untuk dilaksanakan. Sel ialah unit atau unsur terkecil dari tubuh dan yang dimiliki oleh senua bagian. Sel disesuaikan dengan fungsi yang harus dilaksanakan atau dengan jaringan dimana sel itu berada. Beberapa sel, misalnya yang berada dalam sistem syaraf dan otot, memang sangat khas. Beberapa lainya seperti yang ada dalam jaringan ikat perkembangannya tidak sesempurna yang diotot atau syaraf.

2.4.1. Jaringan Otot – Jaringan Saraf – Jaringan Ikat

Otot ialah jaringan yang mempunyai kemampuan khusus yaitu berkontraksi. Otot terdiri atas serabut silindris yang mempunyai sifat yang sama dengan sel dari jaringan lain. Semua ini diikat menjadi berkas-berkas serabut kecil oleh sejenis jaringan ikat yang mengandung unsur kontraktil.

Ada tiga jenis otot:

Otot bergaris (otot lurik, otot kerangka atau otot sadar). Setiap serabut otot itu bergaris melintang oleh adanya gambaran selang-seling antara warna tua dan muda. Setiap serabut terbentuk oleh sebuah mio-fibril dan diselubungi membran halus yaitu *sarkolemna* (selaput otot). Sejumlah serabut berkumpul untuk membentuk berkas. Banyak berkas-berkas itu yang diikat menjadi satu oleh jaringan ikat untuk membentuk otot besar dan otot kecil. Bila otot berkontraksi

maka menjadi pendek, dan setiap serabut turut bergerak dengan berkontraksi. Otot-otot jenis ini hanya berkontraksi jika dirangsang oleh rangsangan saraf.

Otot Polos (otot tidak bergaris, otot licin, otot tak sadar). Jenis ini dapat berkontraksi dengan rangsangan saraf, meskipun di sebagian besar tempat di tubuh kegiatanya berada di bawah pengendalian saraf otonomik (tak sadar). Otot tak sadar ditemukan pada dinding pembuluh darah dan pembuluh limfe, pada dinding saluran pencernaan dan *visera* (alat dalam) yang berongga, *trakhea*, dan *bronkhi*, pada iris dan *musculus ciliaris* mata, dan pada otot tak sadar dalam kulit.

Otot sfinkter terdiri atas lingkaran serabut otot yang mengelilingi lubang masuk atau lubang keluar sebuah saluran atau mulut saluran yang akan menutup erat bila berkontraksi. Otot jantung ditemukan hanya pada jantung. Otot jantung memiliki kemampuan khusus untuk mengadakan kontraksi otomatis dan ritmis tanpa tergantung pada ada tidaknya rangsangan saraf.

Kontraksi pada serabut otot bergaris (otot sadar) berlangsung hanya dalam waktu sepersekian detik dan setiap kontraksi terjadi atas rangsang tunggal dari saraf. Setiap kontraksi tunggal mempunyai kekuatan yang sama. Ada faktor-faktor tertentu yang mempengaruhi kekuatan kontraksi serabut otot. Kontraksi otot akan lebih kuat bila sedang regang dan bila suhunya cukup panas. Kelelahan dan dingin memperlemah kekuatan kontraksi. *Serabut otot tak bergaris* berkontraksi lebih lambat dan tidak tergantung pada rangsang saraf, meskipun rangsang saraf ini dapat mengubah kekuatan kontraksinya.

Otot tidak pernah beristirahat benar, meskipun kelihatannya demikian. Pada hakekat-nya mereka selalu berada dalam keadaan tonus otot, yang berarti siapm untuk bereaksi terhadap rangsangan. Sikap tubuh ditentukan oleh tingkat tonus otot.

Jaringan saraf terdiri atas tiga unsur, (a) unsur berwarna abu-abu, yang membentuk sel saraf, (b) unsur putih, serabut saraf dan (c) *neuroglia*, sejenis sel pendukung yang dijumpai hanya dalam sistem saraf dan yang menghimpun serta menopang sel saraf dan serabut saraf. Setiap sel saraf dengan prosesusnya (juluran) disebut *neuron*.

Jaringan ikat melengkapi kerangka badan. Terdapat beberapa jenis jaringan ikat: *Jaringan areolar.* Ini terdiri atas jaringan yang tidak terjaring erat dan yang tersebar luas pada seluruh tubuh. Jaringan areolar terdiri atas suatu matriks (bahan) yang terbuat dari zat interseluler dan yang memuat sel-sel jaringan ikat. *Jaringan limfoid retiformik* (*retikulter*) atau jaringan adenoid mirip dengan jaringan areolar. Tetapi ada sejenis sel tertentu, yaitu limfosit, di dapati dalam jumlah sangat besar dan membentuk massa terbesar dari jaringan ini.

Jaringan adipose atau jaringan lemak ditimbun disebagian besar bagian tubuh. Yang fungsinya untuk mendukung dan mempertahankan kedudukan organ dalam tubuh. Sebagai tempat penyimpanan air dan lemak, yang bila diperlukan dapat diserap kembali, dan menyediakan sumber panas dan energi untuk keperluan tubuh melalui proses pembakaran dalam jaringan sewaktu metabolisma.

Jaringan elastik. Bentuk jaringan ikat ini mengadung serabut elastik dalam jumlah yang besar. Jaringan ini dijumpai dalam saluran dinding arteri dan pipa udara saluran pernapasan dan membantu supaya pembuluh dan saluran ini tetap terbuka. Juga terdapat dalam ligamen (tali sendi) tertentu, seperti pada ligamentum subflava dari tulang belakang yang karena sifat elastik dan dapat direnggangkan itu, sangat membantu kerja otot untuk mempertahankan posisi tertentu, seperti mempertahankan kedudukan tegak rangkaian tulang belakang.

Jaringan fibrus sering disebut *jaringan fibrus putih* sebab terutama terbentuk dari serabut kolagen putih yang tersusun dalam alur yang tegas.susunan ini memberi kekuatan yang besar, dan jaringan fibrus memang dijumpai di tempat yang

memerlukan pertahanan. Jaringan fibrus adalah ulet dan kuat. Membentuk ligamen, kecuali ligamen yang elastik dan tendon.

Tulang rawan (kartilago) terbuat dari bahan yang padat, bening dan putih kebiru-biruan. Sangat kuat tetapi kurang dibandingkan dengan tulang. Dijumpai terutama pada sendi dan diantara dua tulang. Ada tiga jenis utama tulang rawan yang memperlihatkan ciri-cirinya yang khas, yaitu ulet, lentur dan kokoh. *Tulang rawan hialin* terdiri atas serabut kolagen yang terbenam dalam bahan dasar yang bening seperti kaca dan ulet. Kuat dan elastik dan dijumpai menutupi ujung tulang pipa sebagai tulang rawan sendi. Sel tulang rawan hialin pada dasarnya disusun dalam kelompok-kelompok kecil di dalam matriks yang kuat.

Tulang rawan fibrosa terbentuk oleh berkas-berkas serabut dengan sel tulang rawan tersusun di antara berkas serabut itu dan di jumpai di tempat yang memerlukan kekuatan besar. Tulang rawan fibrosa memperdalam rongga dari cawan-cawan tulang seperti cawan dari tulang panggul, dan rongga glenoid dari skapula.

Tulang rawan elastik sering disebut tulang rawan elastik kuning sebab mengandung sejumlah besar serabut elastik berwarna kuning.terdapat pada daun telinga, epiglottis dan tabung *Eustakhius*. Bila ditekan atau dibengkokkan terasa lentur dan cepat kembali ke bentuk semula.

Struktur tulang dan pertumbuhannya. Tulang adalah jaringan yang paling keras di antara jaringan ikat lainnya pada tubuh. Struktur tulang yang dapat dilihat dengan mata telanjang ialah struktur kasar, dan dengan pertolongan mikroskop dapat diperiksa struktur halusnya.

Tulang terdiri atas dua jenis jaringan: jaringan kompak (padat) dan jaringan seperti spon. Jaringan kompak tulang keras dan padat. Di jumpai dalam tulang pipih dan tulang pipa dan sebagai lapisan tipis penutup semua tulang.

Jaringan tulang berbentuk jala mempunyai struktur seperti spon. Di jumpai terutama pada ujung tulang pipa, dalam tulang pendek dan sebagai lapisan tengah antara dua lapisan kompak pada tulang pipih seperti pada skapula, kranium, sternum dan iga-iga.

Periosteum ialah membran vascular fibrus yang melapisi tulang. Pembuluh darah sangat banyak dijumpai di dalamnya dan membran itu melekat erat pada tulang. Sebagai tambahan kepada darah yang berasal dari pariosteum, tulang pipa juga diantari darah oleh *arteri nutritive* khusus, yang menembus secara menyerong ditempat yang terlindung – dalam hal tulang lengan pembuluh itu mengarah ke jurusan siku, dan pada estremitas bawah mengarah ke jurusan menjauh dari siku.

Perkembangan dan pertumbuhan tulang. Tulang berkembang dari tulang rawan maupun membran yang tersusun dari serabut jaringan ikat. Tulang pipih berkembang menjadi tulang dari membran, dan Karena itu dinamai *tulang membran*. Sedangkan tulang pipa berkembang dari tulang rawan, maka itu disebut tulang *kartilago*.

Pembentukan tulang dari tulang rawan (osifikasi tulang rawan). Sewaktu embrio berkembang semua tulang pipa pada mulanya berupa batang-batang tulang rawan yang diselubungi oleh membran yang menutupi tulang rawan. Dua jenis sel tulang terlibat dalam pembangunan tulang, yaitu *osteoblast* yang membangun tulang dan *osteoklast* yang menghancurkan tulang dengan jalan demikian bagian yang padat tetap terbentuk dan rongga-rongga dan saluran-saluran juga tersusun.

2.4.2. Sedikit Tentang Anatomi Permukaan Batang leher.

Leher terbagi atas dua bagian utama yang berbentuk segitiga, yaitu anterior dan posterior, oleh otot *sternomastoid* yang berjalan menyerong dari prosesus mastoid tulang pelipis ke sebelah depan *klavikula* dan dapat diraba di sepanjang tulang itu. *Klavikula* terletak pada dasar leher dan memisahkannya dari torax. *Segitiga*

posterior leher di sebelah depan dibatasi oleh otot sternomastoid dan di belakang oleh tepi anterior otot trapezius.

Segitiga anterior dari batang leher terbagi dalam beberapa segitiga lagi. Dua darinya yaitu *segitiga karotis* yang dinamai demikian karena memuat *arteri karotis* beserta cabangnya yaitu *karotis interna* dan *externa*. Juga *vena jugularis* interna, dan beberapa vena, arteri dan saraf lainnya terdapat disini.

Segitiga digastrik terletak di bawah rahang. Di sini terdapat beberapa bagian dari *kelenjar submandibuler* dan *kelenjar parotis,* cabang *saraf fasialis* dan *arteri fasialis* dan struktur lainnya yang terletak lebih dalam, termasuk beberapa *pembuluh karotis*.

Trakhea dimulai langsung di bawah tulang rawan *krikoid* dan berjalan masuk ke rongga torax dan berakhir untuk bercabang menjadi *bronkhus* kanan dan kiri pada setinggi sudut sternal (sudut *Louis*).

Batang tubuh. *Pandangan depan batang tubuh.* Sudut sternum atau sudut Louis dapat diraba dari luar. Terletak pada ketinggian persambungan iga kedua dengan sternum. Pada ujung lain dari sternum terdapat *sudut infrasternal* atau *xifoid,* dimana tampak atau teraba sebuah lekukan dangkal.

Extremitas (anggota gerak) Axila

(ketiak) adalah ruang berbentuk piramid antara lengan dan dinding dada. Medial dibatasi oleh dinding dada dan struktur yang ada diatas dinding itu, lateral dibatasi oleh humerus beserta otot-otot yang terkait padanya, anterior oleh otot pektoralis, dan posterior oleh otot yang terkait pada tepi axiler dari skapula.

Fosa ante-kubitil adalah ruang lekukan siku. Di atasnya dibatasi oleh garis khayal yang ditarik melintang melalui ujung bawah permukaan anterior lengan,

medial oleh otot *pronator teres*, dan lateral oleh otot *brakhio-radialis*. Dasar dari ruang ini dibentuk oleh otot *brakhialis*.

Fosa iskhio-rektalis adalah ruang antara iskhium dan rektum. Ruang itu diisi dengan jaringan ikat dan lemak. Abses iskhio-rektal dapat timbul karena infeksi yang disebarkan dari rektum seperti dalam hal hemaroid yang terkena infeksi.

Ruang Poplitea terletak di belakang sendi lutut. Permukaan posteriornya membentuk lantai ruang itu. Ruang itu berbentuk bintang yang dibatasi disebelah atas oleh otot paha medial dan lateral dan dibawah oleh kepala medial dan lateral *gastrognemius*. Di dalamnya terdapat arteri dan vena poplitea, saraf poplitea medialis dan lateralis, serta beberapa kelenjar limfe kecil.

Miopati adalah istilah untuk melukiskan suatu penyakit atas gangguan pada otot kerangka yang diperkirakan disebabkan kesalahan yang berhubungan dengan metabolisme otot. Simton utamanya ialah kelemahan otot: adakalanya serabutserabut otot diganti dengan lemak yang menyebabkan pembesaran tetapi juga disertai kelemahan yang bertambah-tambah.

Kejang adalah kontraksi otot yang terjadi dengan sendirinya, ngilu dan setempat, yang dapat diringankan dengan meluruskan otot. Kejang terjadi pada orang normal sesudah latihan berat, dan sewaktu malam; hal ini juga terjadi karena gangguan metabolik tertentu, seperti kehabisan natrium, kekurangan air yang parah dan dalam beberapa penyakit tertentu yang ada hubungannya dengan motor neurone.

Jari adalah salah satu bagian tubuh yang telanjang dan karena terus menerus digunakan maka sangat mudah cedera dan infeksi. Infeksi yang tersebar dari ruang antara kuku dan daging jari tangan atau jari kaki melalui sarung tendon sinovial dapat menjalar jauh dan menghendaki pengobatan sungguh-sungguh dan teliti. Sebuah infeksi yang tersebar dengan cara yang sama dapat menyerang

saluran limfe dan kelenjar. Terlebih lagi jari sangat mudah untuk kontraksi setelah cedera.

Otot dapat cedera karena benturan, terkoyak, terpelecok atau pecah. Sebuah otot dapat tertarik lepas sama sekali dan koyak. Hermatom dapat terbentuk dalam otot yang cedera. Dalam *tungkai tennis* serabut otot pada betis koyak. *Siku tennis* adalah keadaan yang serupa bila ada kerusakan *origo* otot extensor teregang dari *epikondil lateral humerus*. Setiap gerak otot extensor ini menyebabkan rasa ngilu. Sebuah otot, misalnya rektus abdominis, dapat menjadi tempat tumor tumbuh.

Kontraktur otot dapat terjadi setelah cedera, terutama setelah terbakar kalau tidak diusahakan supaya otot yang terkena dipertahankan dalam kedudukan aktif yang normal dengan balutan kuat yang sesuai.

Tendon juga dapat terluka pada waktu meluruskan, yaitu sobek atau pecah. Tendosinovitis dapat menyusul sesudah tendon yang terluka kemudian kena infeksi. Sebuah tendon dapat teriris putus karena kecelakaan atau perkelahian, misalnya karena pisau cukur. Tendon juga dapat mengalami kontraktur.

Diafragma juga sebuah otot. Dapat terluka karena kecelakaan yang mengenai dada atau abdomen; dapat lumpuh seperti terjadi pada kecelakaan pada tulang punggung.

2.4.3. Sistema Kerangka – Tulang tengkorak dan Rangka Dada

Skelet atau **kerangka** rangkaian tulang yang *mendukung* dan *melindungi* beberapa organ lunak, terutama dalam tengkorak dan panggul. Kerangka juga berfungsi sebagai *alat ungkit* pada gerakan dan menyediakan *permukaan untuk kaitan otot-otot kerangka.*

Klasifikasi tulang Tulang-tulang kerangka diklasifikasikan sesuai dengan bentuk dan formasinya:

Tulang panjang atau *tulang pipa* terutama dijumpai dalam anggota gerak. Setiap tulang panjang terdiri atas bagian batang dan dua bagian ujung. Tulang pipa bekerja sebagai alat ungkit dari tubuh dan memungkinkannya bergerak.

Tulang pendek. Contoh yang baik dapat dilihat pada tulang-tulang karpalia di tangan dan tarsalia di kaki. Mereka sebagian besar terbuat dari jaringan tulang jarang karena diperlukan sifat yang ringan dan kuat. Tulang-tulang ini diselubungi jaringan padat tipis. Karena kuatnya maka tulang pendek mampu mendukung seperti tampak pada pergelangan tangan.

Tulang pipih terdiri atas dua lapisan jaringan tulang keras dengan ditengahnya lapisan tulang seperti spons. Ia dijumpai dimana diperlukan perlindungan, seperti pada tulang tengkorak, tulang *inominata* tulang panggul atau koxa, iga-iga dan skapula (tulang belikat). Tulang pipih menyediakan permukaan luas untuk kaitan otot-otot, misalnya skapula.

Tulang tak beraturan adalah yang tidak dapat dimasukkan dalam salah satu dari ketiga kelas tadi. Contoh tulang tak beraturan adalah vertebra dan tulang wajah.

Tengkorak adalah tulang kerangka dari kepala yang disusun menjadi dua bagian kranium (adakalanya disebut kalvaria) terdiri atas delapan tulang, dan *kerangka wajah* terdiri atas empat belas tulang.

Tengkorak. Rongga tengkorak mempunyai permukaan atas yang dikenal sebagai *kubah tengkorak,* licin pada permukaan luar dan pada permukaan ditandai dengan gili-gili dan lekukan supaya dapat sesuai dengan otak dan pembuluh darah.

Rangka Dada. Rangka dari dada atau torax tersusun atas tulang dan tulang rawan. Torax berupa sebuah rongga berbentuk kerucut, dibawah lebih lebar daripada di atas dan di belakang lebih panjang daripada di depan. Batas-batas yang membentuk rongga di dalam torax ialah: Sternum dan tulang rawan iga-iga di depan, Kedua belas ruas tulang punggung beserta cakram antar ruas yang

terbuat dari tulang rawan di belakang, Iga-iga beserta otot interkostal di samping, Diafragma di bawah, dan Dasar leher di atas.

Sternum atau tulang dada adalah sebuah tulang pipih yang terbagi atas tiga bagian:
Manubrium sterni adalah sepotong tulang berbentuk segitiga terletak di atas badan sternum. Sambungan antara manubrium sterni dan gladiolus atau badan sternum berupa sebuah simfisis. Sebuah bantalan tulang rawan memisahkan permukaan persambungan itu. Persambungan

Iga-iga. Terdapat dua belas pasang iga. Mereka bersambung pada tulang punggung di belakang, membuat sendi dengannya dengan perantaraan faset yang terdapat pada sisi badan ruas tulang punggung dan prosesus transversusnya yang sesuai dengan faset yang serupa pada setiap iga.

Ketujuh pasang iga atas di sebelah anterior bersambung dengan sternum dengan perantaraan *tulang rawan iga.* Semua ini adalah iga-iga yang sebenarnya. Iga pertama adalah yang terpendek. *Dari lima pasang iga* terbawa, yang kedelapan, kesembilan dan kesepuluh tidak langsung disambung pada sternum. Tetapi dengan perantaraan tulang rawan iga bersambung pada iga di atasnya. *Dua pasang iga terakhir*, di sebelah depan tidak bersambung dengan apa pun juga dan disebut *iga selungkang (iga melayang).*

Tulang rawan iga adalah deretan tulang rawan hialin yang menyambungkan iga pada sternum dan karena sifat elastiknya memberi kelonggaran gerak. Tulang rawan yang bersambung pada dua iga terakhir adalah lancip.

Kalau dada dengan hebat terhimpit, maka iga-iga dapat terdorong ke dalam dan menyebabkan luka pada organ yang berada langsung di bawahnya, baik di dalam torax atau di dalam rongga perut. Dalam hal ini pengikatan dengan plester yang kuat akan membatasi geraknya patahan-patahan tersebut. *Fraktur tekanan* dapat

terjadi pada orang lemah yang disebabkan kelewat aktifnya otot interkostal. Ini dapat terjadi pada waktu batuk.

2.4.4. Rangkaian tulang belakang adalah sebuah struktur lentur yang dibentuk oleh sejumlah tulang yang disebut vertrebra atau ruas tulang belakang. Vertebra dikelompokkan dan dinamai sesuai dengan daerah yang ditempatinya. Tujuh vertebra servikal atau ruas tulang bagian leher membentuk daerah tengkuk. Dua belas vertebra torakalis atau ruas tulang punggung membentuk bagian belakang torax atau dada. Lima vertebra lumbalis atau ruas tulang pinggang membentuk daerah lumbal atau pinggang. Lima vertebra sakralis atau ruas tulang kelangkang membentuk sakrum atau tulang kelangkang. Empat vertebra kosigeus atau ruas tulang tungging membentuk tulang tungging.

Pada tulang leher, punggung dan pinggang ruas-ruasnya tetap tinggal jelas terpisah selama hidup dan disebut ruas yang dapat bergerak.

Tulang punggung dapat patah karena kekerasan langsung seperti pukulan hebat pada kecelakaan atau tidak langsung, seperti mengangkat suatu benda berat di atas kepala sedangkan bahu dan tulang punggung tidak mampu menahan berat itu, menjadi patah. Akibat yang umum terjadi adalah fraktur dislokasi (potongan patahan pindah tempat) dan dalam hal ini sumsum belakang antara ruas vertebra yang tergeser, dapat terluka parah.

Kerusakan sumsum tulang belakang yang sering kali disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas, adalah cedera serius yang dapat berakibat menyeluruh atau sebagian. Apabila cedera itu mengenai daerah servikal pada lengan, badan dan tungkai, maka penderita iu tidak tertolong. Apabila saraf frenikus tidak terserang cedera, maka diafragma mungkin tidak terserang; sebaliknya bila saraf frenikus terserang, maka dibutuhkan pernapasan buatan, sebelum alat pernapasan mekanik dapat digunakan.

Vertebra Lumbalis atau ruas tulang pinggang adalah yang terbesar. Badan-badannya sangat besar dibadingkan dengan badan vertebra lainnya dan berbentuk seperti ginjal. Prosesus spinosusnya lebar dan berbentuk seperti kapak kecil. Prosesus transversusnya panjang dan langsing. Ruas kelima membentuk sendi dengan sakrum pada sendi lumbo-sakral.

Lengkung lumbal yang berlebihan atau lordosis, pelvis terangkat ke depan, otot perut longgar, dan ketegangan diletakkan pada ligamen di depan ujung pinggang. Dalam kedua hal, kifosis dan lordosis, dapat berakibat telapak kaki ceper.

Sakrum atau tulang kelangkang berbentuk segitiga dan terletak pada bagian bawah kolumna vertebralis, terjepit di antara kedua tulang inominata (tulang koxa) dan membentuk bagian belakang rongga pelvis (panggul).

Koksigeus atau tulang tungging terdiri atas empat atau lima vertebra yang rudimenter yang bergabung menjadi satu. Di atasnya ia bersendi dengan sakrum.

Sendi kolumna vertebra. Sendi ini di bentuk oleh bantalan tulang rawan yang di letakkan di antara setiap dua vertebra, dikuatkan oleh ligamentum yang berjalan di depan dan di belakang badan-badan vertebra sepanjang kolumna vertebralis. Masa otot di setiap sisi membantu dengan sepenuhnya kestabilan tulang belakang.

Cakram antar ruas adalah bantalan tebal dari tulang rawan fibrosa yang terdapat di antara badan vertebra yang dapat bergerak. Sendi yang terbentuk antara cakram dan vertebra adalah persendian dengan gerakan yang terbatas saja dan terrmasuk sendi jenis *simfisis*, tetapi jumlahnya yang banyak memberi kemungkinan membengkok kepada kolumnanya secara keseluruhan.

Cakram antar ruas tulang belakang dapat rusak karena kecelakaan atau usia. Setiap cakram mempunyai inti atau nukleus yang seperti selei terbungkus di dalam kapsul fibrus. Prolapsus atau melesetnya nukleus ini melalui kapsul. Prolapsus diskus intervertebra (melesetnya cakram antar ruas) dapat menyebabkan

tekanan pada akar saraf di sampingnya dan menyebabkan sakit dan adakalanya kehilangan kekuatan di daerah distribusi dari saraf yang terkena. Prolapsus dari cakram lumbal adalah sebab umum dari siatika. Pengerutan cakram, dengan perubahan degeneratif (kemunduran) terjadi pada usia lanjut.

Fungsi dari kolumna vertebralis. Kolumna vertebralis bekerja sebagai pendukung badan yang kokoh dan sekaligus juga bekerja sebagai penyangga dengan perantaraan tulang rawan cakram intervertebralis yang lengkungannya memberi fleksibilitas dan memungkinkan membongkok tanpa patah. Cakramnya juga berguna untuk menyerap goncangan yang terjadi bila menggerakkan berat badan seperti waktu berlari dan meloncat, dan dengan demikian otak dan sumsum belakang terlindung terhadap goncangan.

Gelang Panggul atau Tulang-tulang Pelvis

Gelang panggul adalah penghubung antara badan dan anggota bawah. Sebagian dari kerangka axial, yaitu *tulang sakrum* dan *tulang koksigeus*, yang letaknya terjepit antara dua tulang koxa, turut membentuk tulang ini. Dua tulang koxa itu bersendi satu dengan lainnya di tempat *simfisis pubis.*

Panggul dapat patah dan kalau patah pada dua tempat maka fragmen-fragmen (potongan-potongan) yang tergeser dapat mengakibatkan luka pada beberapa organ panggul.

Pelvis terbagi atas *panggul besar* atau *pelvis mayor* yang merupakan suatu pasu dan terletak di bawah garis tepi atau *linea terminalis,* dan panggul kecil dibentuk oleh tulang ilium yang melebar di atas linea terminalis.

Sendi-sendi pelvis. Sendi sakro-iliaka adalah sendi antara permukaan sendi ilium yang disebut aurikuler sebab mirip dengan bentuk aurikel (daun telinga), dan kedua sisi sakrum. Gerakan di tempat ini sangat sedikit karena ligamen-ligamen yang sangat kuat menyatukan permukaan-permukaan sendi sehingga membatasi gerakan ke segala jurusan.

2.4.5. Kerangka Anggota Atas

Kerangka anggota atas dikaitkan pada kerangka dengan perantaraan gelang bahu, yang terdiri atas klavikula dan skapula. Di bawahnya terdapat tulang-tulang yang membentuk kerangka lengan, lengan bawah dan tapak tangan yang seluruhnyam berjumlah 30 buah tulang:

Humerus - tulang lengan atas

Ulna dan Radius - tulang hasta dan tulang pengumpil

8 Tulang Karpal - tulang pangkal tangan

5 Tulang Metakarpal - tulang tapak tangan

14 Falanx - ruas jari tangan

klavikula atau tulang selangka adalah tulang yang melengkung yang membentuk bagian anterior dari gelang bahu. Untuk keperluan pemeriksaan dibagi atas batang dan dua ujung. Ujung medial disebut *extremitas sternal* dan membuat sendi dengan sternum. Ujung lateral disebut *extremitas akromial,* yang bersendi pada prosesus akromion dari skapula. **Klavikula** berfungsi memberi kaitan kepada beberapa otot dari leher dan bahu dan dengan demikian bekerja sebagai penopang lengan.

Klavikula adalah tulang dalam batang badan yang paling banyak terkena fraktur. Tulang itu dapat patah karena kekerasan langsung atau tak langsung, seperti jatuh bertelekan telapak tangan atau bahu. Biasanya tulang ini patah ditengah-tengah atau sepertiga dari tengah.

Skapula

Skapula atau tulang belikat membentuk bagian belakang dari gelang bahu dan terletak di sebelah belakang torax lebih dekat permukaan daripada iga. Bentuknya segitiga pipih dan memperlihatkan dua permukaan, tiga sudut dan tiga sisi.

Permukaan Skapula. Permukaan anterior atau kostal disebut *fossa subskapularis* dan terletak paling dekat dengan iga. Permukaan posterior atau dorsal terbagi oleh

sebuah belebas yang disebut *spina dari skapula* dan yang berjalan menyebrangi permukaan itu sampai ujungnya dan berakhir menjadi *prosesus akromiom*. Prosesus akromion ini menutupi sendi bahu. Humerus atau tulang lengan atas adalah tulang terpanjang dari anggota atas. Memperlihatkan sebuah batang dan dua ujung.

Ujung Atas Humerus. Sepertiga dari atas ujung humerus terdiri atas sebuah *kepala,* yang membuat sendi dengan rongga glenoid dari skapula dan merupakan bagian dari bangunan sendi bahu. Di bawah leher ada bagian yang sedikit lebih rampingyang disebut *leher anatomik.* Di sebelah luar ujung atas di bawah leher anatomi terdapat sebuah benjolan, yaitu *tuberositas mayor* dan di sebelah depan ada benjolan lebih kecil, yaitu *tuberositas minor.* Antara tuberositas ini terdapat sebuah celah, celah *bisipal* yang memuat tendon dari otot bisep. Tulang menjadi lebih sempit di bawah tuberositas, dan tempat ini disebut *leher cirugis,* sebab mudahnya kena fraktur di tempat itu.

Batang Humerus sebelah atas bundar, tetapi semakin ke bawah menjadi lebih pipih. Sebuah tuberkel di sebelah lateral batang, tepat di atas pertengahan, disebut *tuberositas deltoidus.* Tuberositas ini menerima insersi atau kaitan otot deltoid. Sebuah celah berjalan miring melintasi sebelah belakang batang, dari sebelah medial ke sebelah lateral. Karena memberi jalan kepada saraf radialis atau saraf muskulo-spiralis maka celah itu disebut celah spiralis atau celah radialis.
Ujung bawah humerus lebar dan agak pipih. Pada bagian paling bawah terdapat permukaan sendi yang dibentuk bersama tulang lengan bawah. **Trokhlea** yang terletak di sisi sebelah dalam berbentuk gelendong-benang tempat persendian dengan ulna, dan di sebelah luar terdapat **kapitulum** yang bersendi dengan radius. Pada kedua sisi persendian ujung bawah humerus terdapat dua epikondil, yaitu epikondil lateral di sebelah luar dan epikondil

Ulna

Ulna atau tulang hasta adalah sebuah tulang pipa yang mempunyai sebuah batang dan dua ujung. Tulang itu adalah tulang sebelah medial dari lengan bawah dan lebih panjang dari radius atau tulang pengumpil. Kepala ulna ada di sebelah ujung bawah.

Ujung Atas Ulna kuat dan tebal, dan masuk dalam formasi sendi siku. *Prosesus olekranon* menonjol ke atas di sebelah belakang dan tepat masuk di dalam fossa olekranon dari humerus. *Prosesus koronoideus* dari ulna menonjol di depannya, lebih kecil daripada prosesus olekranon dan tepat masuk di dalam fossa koronoid dari humerus bila siku dibengkokkan.

Batang Ulna makin mendekati ujung bawah makin mengecil. Memberi kaitan pada otot yang mengendalikan gerakan dari pergelangan tangan dan jari. Otot-otot flexor datang dari permukaan anterior dan otot-otot extensor dari permukaan posterior. Otot yang mengadakan pronasi atau putaran ke depan, dan otot yang mengadakan supinasi atau putaran ke belakang dari lengan bawah juga dikaitkan kepada batang ulna.

Tulang lengan bawah dapat patah. *Fraktur Colles* adalah patah tranvers dari ujung bawah radius, kira-kira dua setengah sentimeter di atas pergelangan, umumya pada orang berusia tua bila jatuh di atas tangan yang terenggang; ligamennya tertarik dan sobek, sedangkan prosesus stiloideus dari ulna bisa fraktur.

Perpindahan fragmen bawah dari radius ke arah atas memberi deformitas (perubahan bentuk) yang tidak indah seperti “garpu”, yang memaksa tindakan reduksi (pembedahan) dan tindakan untuk mengembalikan kedudukan yang baik (reposisi) supaya tulang dapat sembuh dalam susunan yang baik.

Tulang Pergelangan Tangan dan Tangan

Tulang tangan disusun dalam beberapa kelompok. *Karpus* (tulang pangkal tangan) atau tulang yang masuk formasi pergelangan, adalah tulang pendek. *Metakarpal*

membentuk kerangka tapak tangan dan berbentuk tulang pipa. *Falanx* adalah tulang jari dan berbentuk tulang pipa.

Metakarpus. Terdapat lima tulang metakarpal. Setiap tulang mempunyai batang dan dua ujung. Ujung yang bersendi dengan tulang kapal disebut *ujung karpal* dan sendi yang dibentuknya adalah sendi karpo-metakarpal. Ujung distal bersendi dengan falanx dan disebut kepala. Batang dari tulang ini adalah prismodial (seperti prisma), dan permukaannya yang terbesar menghadap posterior (ke arah belakang tangan). Otot interosa dikaitkan pada sisi-sisi batang.

Falanx juga tulang panjang, mempunyai batang dan dua ujung. Batangnya mengecil di arah ujung distal. Terdapat empat belas falanx, tiga pada setiap jari dan dua pada ibu jari. Salah satu dari tulang karpal, paling sering navikular, dapat patah. Dislokasi dapat terjadi pada tulang karpal kalau jatuh keras di atas tangan. Fraktur metakarpal dan falanx biasanya akibat kekerasan langsung.

Sindrom tunnel karpal (sindrom terowongan karpal). Di samping tendon otot-otot flexor yang ke arah tangan, berjalan saraf medialis di bawah flexor retinakulum. Suatu keadaan (barangkali juga tanpa suatu sebab yang jelas) yang mengurangi ukuran “terowongan” ini, dapat menimbulkan tekanan pada saraf medialis yang mengakibatkan rasa kaku, serasa ditusuk-tusuk dan lemah pada otot yang dilayaninya.

2.4.6. Kerangka Anggota Gerak Bawah

Tulang dari extremitas bawah atau anggota gerak bawah dikaitkan kepada batang tubuh dengan perantaraan gelang panggul. Anggota bawah terdiri atas tiga puluh satu tulang:

1 Tulang Koxa - Tulang pangkal paha
1 Femur - Tulang paha
1 Tibia - Tulang kering
1 Fibula - Tulang betis
1 Patela - Tempurung lutut

1 Tulang tarsal - Tulang pangkal kaki
5 Tulang metatarsal - Tulang telapak kaki
14 Falanx - Ruas jari kaki

Tulang Panggul

Tulang panggul turut membentuk gelang panggul. Letaknya di setiap sisi dan di depan bersatu dengan *simfisis pubis*, maka dua tulang itu membentuk sebagian besar dari pelvis. Tulang koxa adalah tulang pipih berbentuk tak teratur yang dibentuk oleh tiga tulang yang bertemu di asetabulum, yaitu sebuah rongga berbentuk cawan di permukaan external dari tulang koxa dan mencekam kepala femur dalam formasi gelang panggul. Iga tulang di sini adalah *ilium,* yang menduduki tempat terbesar, di sebelah depan adalah *pubis,* dan ikhsium paling posterior.

Tulang usus atau *ilium* memperlihatkan dua permukaan, sebuah Krista dan sebuah permukaan persendian untuk sakrum. *Krista ilium* melengkung dan menjulang di atas tulang. Permukaan itu memberi kaitan kepada banyak otot, termasuk otot abdominal dan latisimus dorsi. Krista ilium berakhir di depan suatu titik yang disebut *spina iliaka superior anterior*, tempat *ligamen Poupart* atau *ligamen inguinal* berkait.

Tulang kemaluan atau Pubis terdiri atas sebuah *badan* dan dua *ramus.* Badannya berbentuk persegi empat dan di atasnya menjulang *Krista pubis.* Tulang pubis bersatu di depan pada *simfisis pubis.*

Iskhium atau tulang duduk adalah bagian yang tertebal dan terkeras. *Tuberositas dari iskhium* terletak pada titiknya yang terendah dan tubuh menjejak di atasnya kalau duduk.

Foramen obturatum adalah foramen yang besar berbentuk lonjong terletak di bawah asetabulum dan dibatasi oleh pubis dan iskhium. Lubangnya berisi membran dan melalui bagian atasnya pembuluh dan saraf obturatum berjalan dari pelvis masuk paha.

Asetabulum adalah rongga jeluk, berbentuk cawan yang dibentuk oleh pertemuan tiga tulang: *pubis* membentuk bagian depan, *ilium* bagian atas dan *iskhium* bagian belakang. Asetabulum bersendi dengan femur dalam formasi gelang panggul.

Femur

Femur atau tulang paha adalah tulang terpanjang dari tubuh. Tulang itu bersendi dengan asetabulum dalam formasi persendian panggul dan dari sini ia menjulur medial ke lutut dan membuat sendi dengan tibia. Tulangnya berupa tulang pipa dan mempunyai sebuah batang dan dua ujung.

Ujung atas memperlihatkan sebuah kepala yang menduduki dua pertiga dari daerah itu; di puncaknya ada lekukan seperti bentuk kulit telur dengan permukaan kasar, untuk kaitan ligamentum teres. Di bawah kepala ada leher yang panjang dan gepeng.

Batang femur berbentuk silinder, halus dan bundar di depan dan di sisi-sisinya melengkung ke depan dan di belakangnya ada belebas yang sangat jelas, disebut *linea aspera,* tempat kaitan sejumlah otot, di antaranya adduktor dari paha.

Ujung bawah adalah lebar dan memperlihatkan dua kondil, sebuah lekukan interkondiler, sebuah permukaan popliteum dan sebuah permukaan patelaris. Kedua kondilnya sangat jelas menonjol; yang medial lebih rendah dari yang lateral. Kedua-duanya masuk dalam formasi persendian lutut. Femur mengadakan persendian dengan tiga tulang, tulang koxa, tulang tibia dan patela, tetapi tidak bersendi dengan fibula.

Fraktur pada leher femur terjadi akibat kekerasan tak langsung, seperti bila seorang melompat dan jatuh. Fraktur ini biasa pada orang tua. Fraktur pada batangnya dapat mengakibatkan penggeseran tempat dan fragmen yang satu menutupi yang lain, disebabkan kejang otot besar dari paha.

Patela

Patela atau tempurung lutut adalah tulang baji atau tulang *sesamoid* yang berkembang di dalam tendon otot *kwadrisep extensor*. *Apex patela* meruncing ke bawah. Permukaan anterior dari tulang ialah kasar. Permukaan posteriornya halus dan bersendi dengan permukaan pateler dari ujung bawah femur. Letaknya di depan sendi lutut, tetapi tidak ikut serta di dalamnya. Patela dapat patah secara spontan karena kontraksi sangat kuat dari otot paha, yang mengakibatkan fraktur transverses. Fraktur bintang terjadi kalau jatuh keras di atas lutut atau pukulan keras di atas ujung lutut.

Tibia

Tibia atau tulang kering merupakan kerangka yang utama dari tungkai bawah dan terletak medial dari fibula atau tulang betis; tibia adalah tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung.

Batang dalam irisan melintang bentuknya segitiga. Sisi anteriornya paling menjulang dan sepertiga sebelah tengah terletak subkutan. Bagian ini membentuk Krista tibia. Permukaan medial adalah subkutaneus pada hampir seluruh panjangnya dan merupakan daerah berguna dari mana dapat diambil serpihan tulang untuk transplantasi (*bonegrfat*). Permukaan posterior ditandai oleh garis soleal atau linea poplitea, yaitu garis meninggi di atas tulang yang kuat dan yang berjalan ke bawah dan medial.

Ujung bawah masuk dalam formasi persendian mata kaki. Tulangnya sedikit melebar dan ke bawah sebelah medial menjulang menjadi *maleolus medial* atau *maleolus tibiae.* Sebelah depan tibia halus dan tendon-tendon menjulur di atasnya ke arah kaki. Permukaan lateral dari ujung bawah bersendi dengan fibula pada persendian fibio-fibuler inferior. Tibia membuat sendi dengan tiga tulang, yaitu femur, fibula dan talus.

Fibula

Fibula atau tulang betis adalah tulang sebelah lateral tungkai bawah. Tulang itu adalah tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung.

Ujung atas berbentuk kepala dan bersendi dengan bagian belakang luar dari tibia, tetapi tidak masuk dalam formasi sendi lutut.

Batangnya ramping dan terbenam dalam otot tungkai, dan memberi banyak kaitan.

Ujung bawah di sebelah bawah lebih memanjang menjadi *maleolus lateralis* atau *maleolus fibulae.* Batang tibia dan fibula dapat patah kedua-duanya atau sendiri sendiri. Jenis fraktur yang paling banyak terdapat di antara fraktur-fraktur fibula adalah *fraktur Pott*, yang terjadi di atas mata kaki tepat dimana tulang masuk bagian sepertiga bawah batang; dapat bersamaan dengan dislokasi (tergelincirnya) sendi mata kaki dan juga bersaman dengan tergesernya *maleolus medial tibia.* Batan fibula sering menjadi "fraktur tekanan" pada pelari jauh.

Tulang-tulang Kaki

Tulang tarsal (tulang pangkal kaki). Ada tujuh buah tulang yang secara kolektif dinamakan *tarsus.* Tulang-tulang itu adalah tulang pendek, terbuat dari jaringan tulang berbentuk jala dengan pembungkus jaringan kompak. Tulang-tulang ini mendukung berat badan kalau berdiri.

Kalkaneus atau tulang tumit adalah tulang terbesar dari tapak kaki. Tulang itu ada di sebelah belakang dan membentuk tumit dan mengalihkan berat badan di atas tanah ke belakang. Memberi kaitan pada otot besar dari betis dengan perantaraan *tendon Achilles* atau *tendon kalkaneus*. Di sebelah atas bersendi dengan talus dan di depan dengan kuboid.

Talus atau tulang loncat merupakan pusat dan titik tertinggi dari tapak kaki. Tulang itu mendukung tibia dan di setiap sisi bersendi dengan maleolus; di bawah dengan kalkaneus. *Navikular* (tulang bentuk kapal), ada di sebelah medial kaki, antara talus di sebelah belakang dan tiga tulang *kuneiform* di depan. *Tiga tulang kuneiform* (tulang bentuk baji), bersendi posterior dengan navikular dan anterior dengan tiga tulang metatarsal yang di medial. *Kuboid* (tulang dadu) ada di sebelah

lateral kaki. *Posterior* ia bersendi dengan *kalkaneus* dan di depan dengan kedua tulang metatarsal yang di sebelah lateral.

Tulang Metatarsal. Terdapat lima tulang metatarsal. Tulang-tulang ini tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung. Ujung *proximal* atau ujung *tarsal* bersendi dengan tulang tarsal. Ujung distal atau *falangeal* bersendi dengan basis falanx proximal. Metatarsal pertama adalah gemuk dan pendek; metatarsal kedua panjang. Falanx-falanx-nya sama dengan jari-jari tangan tetapi lebih pendek.

Lengkung pada kaki. Pada kaki terdapat empat lengkung. Lengkung medial atau internal terbentuk dari belakang ke depan oleh kalkaneus, yang merupakan pendukung posterior dari lengkung; talus menjadi puncak dari lengkung; dan kepala dari ketiga metatarsal sebelah dalam membentuk dukungan anterior dari lengkung. *Lengkung lateral* atau *lengkung longitudinal* luar dibentuk oleh kalkaneus, kuboid dan dua tulang metatarsal sebelah luar.

Lengkung melintang ada dua, yaitu *lengkung tarsal melintang* dibentuk oleh tulang tarsal, dan *lengkung metatarsal melintang* biasanya dikenal sebagai *lengkung transversus* anterior, dibentuk oleh kepala tulang-tulang itu. Tulang yang pertama dan kelima merupakan sumbu pancang lengkung.

Tulang-tulang lengkung kaki disatukan oleh ligamen dan didukung oleh otot. Lengkung-lengkung ini dapat bertahan karena : Letak tulang-tulang yang berdempet secara serasi Ligamen di kaki kuat. Kerja otot, khususnya oleh otot yang dikaitkan di depan dan belakang tibia.

Telapak rata disebabkan lengkung tulang-tulang menjadi lebih rata: ini bisa terjadi sebagai akibat luka pada kaki dan mata kaki, atau timbul karena gangguan keseimbangan yang terjadi karena sebab traumatik atau perubahan sikap tubuh seperti pada perubahan bentuk tulang belakang, pelvis atau anggota bawah. Sebab

lain mencakup terlampau banyak jalan kaki atau berdiri, sesudah suatu penyakit, atau karena sebab lain yang mengakibatkan melemahnya otot.

Fraktur tulang kaki sangat nyeri karena fungsi memikul berat. Salah satu dari tulang tarsal, metatarsal dan *falanx* dapat patah. *Fraktur* "*March*" pada sebuah metatarsal adalah sebuah "fraktur tekanan".

Hallus Valgus adalah penyimpangan ibu jari yang miring di atas jari kedua dan sering bersamaan dengan *bunion* atau pembengkakan kaki. Depresi (lekukan) pada kepala metatarsal (lengkung *transversus*) dapat menimbulkan kenyerian dari saraf jari-jari.

2.4.7. Sendi atau Persambungan Pada Kerangka

Persambungan, sendi atau artikulasio adalah istilah yang digunakan untuk menunjuk pertemuan antara dua atau beberapa tulang dari kerangka. Terdapat tiga jenis utama: sendi yang fibrus, sendi tulang rawan dan sendi sinovial. Atau sendi dapat diklasifikasikan menurut kemungkinan geraknya: tak bergerak, sedikit bergerak dan bergerak luas.

Sendi fibrus adalah sendi yang tak dapat bergerak atau merekat ikat, maka tiada mungkin gerakan antara tulang-tulangnya: *sutura* atau sela antara tulang tengkorak. *Sindesmoses* dimana permukaan persendian dihubungkan oleh membran seperti pada sendi tibio-fibuler inferior.

Sendi tulang rawan adalah sendi dengan gerakan sedikit, dan permukaan persendiannya dipisahkan oleh bahan antara dan hanya mungkin sedikit gerakan: misalnya: *Simfisis pubis,* dimana sebuah bantalan tulang rawan mempersatukan kedua tulang pubis. Sendi intervertebral dengan cakram intervertebral daripada tulang rawan fibro.

Sendi sinovial atau *diartroses* adalah persendian yang bergerak bebas dan terdapat banyak ragamnya. Semua mempunyai cirinya yang sama.

Ciri sendi yang bergerak bebas.
Ujung tulang-tulang yang masuk dalam formasi persendian ditutupi oleh *tulang rawan hialin.*
Ligamen diperlukan untuk mengikat tulang-tulangnya bersama. Sebuah rongga persendian: rongganya terbungkus oleh sebuah kapsul daripada jaringan fibrus yang biasanya diperkuat oleh ligamen.

Berbagai jenis sendi sinovial. Terdapat enam jenis, *Sendi datar* atau sendi geser. Dua permukaan datar dari tulang saling meluncur satu atas yang lainnya, misalnya sendi karpus dan tarsus.

Sendi Putar, dimana sebuah ujung bulat tepat masuk di dalam sebuah rongga cawan tulang lain, yang mengizinkan gerakan ke segala jurusan, seperti bola di dalam lubang berbentuk cawan, misalnya sendi panggul dan sendi bahu.

Sendi engsel, di dalam jenis ini satu permukaan bundar diterima oleh yang lain sedemikian rupa sehingga hanya mungkin gerakan dalam satu bidang, seperti gerakan engsel. Contoh yang baik adalah sendi siku.

Sendi kondiloid, mirip sendi engsel, tetapi dapat bergerak dalam dua bidang, lateral, ke belakang dan ke depan, sehingga flexi dan extensi, dan abduksi dan adduksi (ke samping dan ke tengah) dan sedikit sirkumduksi, seperti pada pergelangan tangan tetapi bukan rotasi (perputaran).

Seni berporos atau sendi putar ialah yang hanya mungkin perputaran, seperti pada gerakan kepala, dimana atlas yang berbentuk cincin berputar sekitar prosesus yang berbentuk paku dari axis (servikal kedua). Contoh lain adalah gerakan radius

sekitar ulna waktu pronasi (putar ke depan) dan supinasi (putar ke belakang) dari lengan bawah.

Gerakan.

Gerak-gerik yang terjadi pada sendi-sendi kerangka dapat dibagi dalam tiga kelompok utama.

Gerakan meluncur, dimana dua permukaan ceper bergerak bergeseran satu atas yang lainnya, seperti dalam gerakan antara tulang-tulang karpal dan tarsal.

Gerakan bersudut (anguler), yang diterangkan sesuai dengan arah dari gerakan, misalnya flexi, lenturan atau pelipatan; extensi (pelurusan atau penguluran), yang terjadi sekitar sebuah sumbu yang terpasang terlintang. Adduksi adalah gerakan ke arah medial badan, dan adduksi ke arah menjauh dari medial badan, keduanya memutari sumbu yang memanjang dalam arah antroposterior (dari depan ke belakang).

Gerakan rotasi adalah dimana satu tulang bergerak mengitari tulang lain atau di dalam tulang lain seperti pada sendi putar, misalnya rotasi radius mengelilingi ulna. Hal itu juga terjadi pada bahu dan agak terbatas pada sendi panggul. *Sirkumduksi* adalah istilah untuk melukiskan kombinasi dari rotasi dan gerakan *anguler* (bersudut), berputar dalm lingkaran, misalnya membawa lengan ke depan, ke atas, ke belakang dan ke bawah; termasuk *lexi, abduksi, extensi* dan *adduksi* dan beberapa rotasi. *Pembatasan gerakan sendi* dalam banyak hal disebabkan oleh bentuk permukaan persendian, misalnya pelurusan siku dibatasi oleh prosesus olekranon dari ulna yang membentur pada humerus. Dalam hal lain gerakan dibatasi oleh simpaisimpai kuat dari ligamen seperti dalam *ligamen ilio femoral* di depan sendi panggul yang membatasi pelurusan paha.

2.4.8. Sendi Anggota Atas

Sendi *sterno-klavikuler* adalah sendi meluncur yang dibentuk oleh ujung besar

di sebelah *sternum* dari *klavikula* dan yang bersendi dengan faset untuk *klavikula* di atas *sternum*.

Sendi *sterno-klavikuler* dapat mengalami dislokasi ke depan atau ke belakang sebagai akibat jatuh dengan keras di atas bahu. Misalnya penunggang kuda.

Sendi *akromio-klavikuler* dibentuk oleh ujung luar dari *klavikula* yang bersendi dengan prosesus akromion dari skapula. **Sendi *akromio-klavikuler*** lebih sering kena subluxasi daripada dislokasi.

Gerakan bahu. Gerakan meluncur dapat terjadi antara klavikula dan skapula. Dan peran skapula terhadap dinding dada sebegitu jauh hanya berarti sebagai penambah kebebasan gerak dari humerus di dalam gelang bahu.

Sendi bahu atau humero-skapuler adalah sendi sinovial dari variasi sendi putar. Kepala humerus yang berbentuk seperti bola, bersendi di dalam rongga glenoid skapula. Rongganya diperdalam karena terpasangnya lapisan tebal tulang rawan fibrus yaitu *labrum glenoidal*. Tulang-tulangnya dipersatukan oleh ligamen yang membentuk kapsul yang sangat longgar.Karena kedangkalan rongga persendian, kepala humerus yang besar dan kelemahan ligamen kapsul, sendi bahu cenderung untuk lebih mudah terkena dislokasi daripada sendi lain dimana pun dalam tubuh. Berhubung dengan longgarnya ligamen kapsul dan permukaan persendian yang dangkal maka ada banyak kemungkinan gerak. Terlebih lagi gerakan sendi bahu lebih dimungkinkan oleh gerakan meluncur skapula di atas dinding dada.

Sendi siku adalah sendi engsel, antara permukaan trokhlear di atas ujung bawah humerus dan lekukan trokhlear dari ulna. Semua ini merupakan bagian utama dari sendi, yaitu sendi humero-ulnaris. *Sudut siku* yang dibuat bila siku lurus dan lengan bawah dan tangan dalam supinasi adalah kira-kira 170 derajat dengan lengan atas. Hal ini disebabkan oleh letak oblik dari permukaan persendian antara humerus dan ulna. Keuntungan dari sudut yang dibuat ini adalah bahwa barangbarang dapat diangkat dan diulurkan dengan baik.

Fraktur tulang-tulang yang membentuk sendi siku sering mendapat komplikasi dengan dislokasi. Dislokasi ke belakang dari sendi dapat disertai oleh *fraktur* dari *prosesus koronoid*.

Sendi radio-ulnaris. Antara radius dan ulna terdapat dua buah sendi yang dapat bergerak, yaitu sendi *radio-ulnaris superior* dan *inferior*. *Membran interosa* (antar tulang) membentuk sendi ketiga yaitu radio-ulnaris tengah. Membran ini juga memisahkan otot-otot yang ada di depan dari yang ada di belakang lengan bawah.

Gerakan radius di atas ulna adalah bebas. Karena kepala dari radius berotasi di dalam ligamen pembatas dari sendi radio-ulnaris superior, maka ujung bawah radius berotasi di atas kepala ulna pada sendi radio-ulnaris inferior dan tangan dibawa serta dalam gerakan *pronasi* dan *supinasi* dari lengan bawah. *Pronasi* adalah rotasi dari radius di atas ulna sampai tapak tangan menghadap ke belakang. Gerakan ini dilaksanakan oleh otot-otot yang disebut pronator dan terletak di depan lengan bawah antara radius dan ulna

Supinasi adalah gerakan sebaliknya. Supinasi dilaksanakan oleh dua otot supinator yang berada di sebelah belakang lengan bawah, antara radius dan ulna, dan juga oleh otot bisep yang terkait ke dalam tuberositas radii.

Sendi pergelangan Tangan atau sendi radio-karpal adalah sendi kondiloid antara ujung bawah radius dan diskus persendian di bawah kepala ulna, yang bersamasama membentuk permukaan konkaf (cekung) untuk menerima sisi atas dari skafoid (*navikular*, *lunar*, dan tulang-tulang *trikwetrum*).

Sendi pergelangan tangan dapat terpelecok atau riuk, sehingga memerlukan pendukung untuk beberapa waktu: kalau tidak maka bisa cenderung menjatuhkan barang yang dipegang. Satu atau beberapa tulang *karpal,* misalnya lunatum, dapat terkena dislokasi karena jatuh di atas tangan; skafoid atau *navikular* dapat patah kalau jatuh di atas tapak tangan.

2.4.9. Sendi Dari Tangan dan Jari

Sendi Karpal. Permukaan persendian antara tulang-tulang karpal adalah ceper dan halus. Tulang karpal tersusun berdempetan rapat, sehingga hanya gerakan meluncur terbatas yang mungkin, tetapi dapat melaksanakan jumlah gerakan yang cukup banyak jika semua tulang bergerak bersama-sama.

Sendi karpo-metakarpal adalah sendi meluncur yang terbentuk antara sisi distal dari baris bawah tulang-tulang karpal dari setiap tulang dari lima tulang metakarpal. Sendi karpo-metakarpal dari ibu jari, yaitu sendi pelana, terbentuk antara basis metakarpal pertama dan *trapezium*. Sendi *intermetakarpal* dibentuk antara basis tulang-tulang *metakarpal*; permukaan persendian lateral membentuk sendi datar atau sendi meluncur antara tulang-tulang ini.

Sendi metakarpo-falangeal adalah sendi dari jenis *kondiloid*. Kepala dari lima tulang metakarpal ini diterima dalam permukaan persendian pada basis dari *falanx proximal*.

Sendi interfalangeal adalah sendi engsel.sendi ini terbentuk oleh kepala falanx proximal yang diterima dalam permukaan persendian di atas basis falanx distal.

Sendi panggul adalah sendi sinovial dari varietas sendi putar. Kepala *femur* di terima ke dalam asetabulum tulang *koxa. Asetabulum* di perdalam oleh kaitan *labrum asetabular* yang mengelilinginya.
Ligamen kapsuler sendi panggul adalah tebal dan kuat dan membatasi gerakan sendi ke semua jurusan. *Ligamennya* juga diperkuat secara khusus oleh simpaisimpai dari serabut di dalam beberapa bagian.

Sendi panggul dapat kena dislokasi ke arah mana pun. Yang terbanyak ke belakang dan medial karena kapsulnya di tempat itu lebih lemah. Tetapi pada umumnya kedudukan, ekstensi dan komplikasi sebuah dislokasi ditentukan oleh letak paha ketika pukulan itu terjadi.

Sendi lutut adalah sendi engsel dengan perubahan dan yang dibentuk oleh kedua kondil femur yang bersendi dengan permukaan *superior* dari *kondil-kondil tibia*. Ligamen bersilang berjalan dari puncak kondil tibial ke arah permukaan kasar di atas takik *interkondiloid* dari *femur*. *Ligamen-ligamen* ini bertujuan membatasi gerakan sendi lutut dan mengikat tulang-tulangnya bersama dengan lebih kuat.

Ligamen kapsuler sendi lutut sangat tebal dan diperkuat lagi oleh ekspansi (perlebaran) otot-otot dan tendon-tendon yang mengelilingi dan berjalan di atas sendi.

Membran sinovial sendi lutut adalah terbesar dalam tubuh. Selain melapisi struktur sendi, membran itu juga membentang ke atas dan ke bawah sampai di bawah ligamen patela, dan membentuk beberapa bursa (kantong) sekitar sendi.

Meskipun permukaan-permukaan persendiannya tidak begitu tepat sesuai satu dengan lainnya sendi lutut dikelilingi ligamen yang kuat dan dilindungi oleh otot yang sangat kuat pula (inilah sarat terpenting). Ligamen dan otot inilah yang membuat sendi lutut menjadi sendi terkuat dan paling stabil dalam tubuh dan jarang kena dislokasi traumatik. Untuk kestabilannya sendi lutut tergantung dari otot yang mengelilinginya, khususnya otot *kwadrisep femoris,* yang harus selalu dapat berkembang dengan baik.

Salah satu dari tulang rawan *semilunaris* dapat robek, lepas dan tergeser. Kecelakaan terjadi bila tungkai terputar sedangkan lutut dalam keadaan flexi. Ini disertai rasa ngilu dan sering sendi menjadi longgar pada flexi, sebab sebagian dari tulang rawan yang robek di antara kondil-kondil, menghalang extensi. Pemilihan letak dan latihan dapat membantu, tetapi *manissektomi* yaitu pembedahan tulang rawan yang salah tempat, yang biasanya sebelah medial (semilunar) umumnya diperlukan untuk penyembuhan.

Sinovitis akut bisa terjadi sebagai akibat trauma, karena membran sinovial mudah melar maka pembengkakan yang menyertainya dapat naik satu atau tiga sentimeter kiri kanan dan di atas patela. *Bursitis* yaitu pembesaran dan peradangan dalam salah satu bursa (kantong) yang meliputi sendi lutut, dapat terjadi. Bursa antara patela dan kulit paling sering terserang pada mereka yang banyak berlutut. Otot paha pada penyakit di sendi lutut dapat mengerut akibat *deformitas flexional* (dalam letak bengkok).

Sendi-sendi tibio-fibuler, sendi-sendi ini dibentuk antara ujung atas dan ujung bawah kedua tulang tungkai bawah. Batang dari tulang-tulang itu digabung oleh sebuah *ligamen introsa* (antartulang), yang membentuk sebuah sendi ketiga antara tulang-tulang ini seperti pada lengan bawah.

Sendi pergelangan kaki adalah sendi engsel yang dibentuk antara ujung bawah tibia beserta *maleolus medialis*nya, dan *maleolus lateralis* dari *fibula* yang bersama-sama membentuk sebuah lubang untuk menerima badan talus. Kapsul sendi diperkuat oleh ligamen-ligamen penting yang bersangkutan. Ligamen deltoid di sisi medial berjalan dari *maleolus medial* ke tulang-tulang tarsal yang mendampinginya dan sering mengalami robek yang parah bila pergelangan kaki terkilir.

Sendi Pada Tapak Kaki

Sendi antara berbagai tulang tarsal adalah sendi luncur. Tulang-tulangnya disatukan oleh *ligamen dorsal, plantar* dan *interosa*. *Ligamen interosea* yang diletakkan diantara permukaan bawah talus dan permukaan atas *kalkaneus* adalah tebal dan kuat dan membuat gili-gili dalam permukaan persendian tulang-tulang ini.

Gerakan sendi. Sedikit gerakan mengayun dapat dilakukan pada sendi *talokalkaneus* yang mirip adduksi dan abduksi. Sendi antar kepala talus dan navikuler dan sendi antara kalkaneus dan kuboid disebut sendi *mediatorsal* atau sendi *subtaloid.* Pada sendi-sendi inilah terjadi gerakan *inversi* dan *eversi.* pada

inversi tepi dalam, kaki diangkat ke atas telapaknya di tarik ke dalam. Pada eversi tepi samping, kaki diangkat ke atas dan telapaknya agak ditarik ke samping. Gerakan ini sedikit di sertai adduksi dan abduksi yang terjadi pada sendi talokalkaneus.

Ligamen mata kaki dapat terpelecok dan robek waktu terpeleset dari suatu ketinggian atau kaki tiba-tiba masuk parit atau lubang. Maka sendi dapat mengalami inversi atau eversi yang parah (terputar ke dalam atau ke luar). Ada rasa nyeri dan pembengkakan segera timbul, yang dapat dikurangi dengan balutan basah dan dingin sebagai tindakan pertolongan pertama, tetapi pelecokan yang parah hendaknya selalu difoto rontgen karena mungkin kedua maleolus atau salah satu tulang tarsal dapat patah.

Pengobatan: kalau ada rasa sakit dan sendi meradang maka dianjurkan istirahat. Untuk membatasi penyebaran penyakit dengan memberi steroid. Sendi-sendinya harus diusahakan supaya sedapat mungkin dapat bergerak.

Osteo-artritis adalah penyakit yang progresif dari orang lanjut usia. Umumnya dimulai sebagai monoartritis. Sebuah sendi besar, misalnya panggul atau bahu, dapat terserang, tetapi dapat tersebar ke lutut dan sendi lain. Perubahan degeneratif (mundur) terjadi dalam tulang rawan sendi dengan terbentuknya bibir dipinggirannya dan berakibat rasa sakit, kaku dan terbatasnya gerakan.

Pengobatan: Dalam jenis artritis ini maka sasarannya juga membatasi penyebaran penyakit sedini mungkin, umumnya dengan obat steroid, baik melalui mulut atau dengan injeksi ke dalam sendi yang terserang. Adalah penting untuk mempertahankan gerakan dengan fisioterapi. Analgenetika berguna untuk meringankan rasa sakit.

2.4.10. Otot Kerangka

Otot-otot kerangka merupakan salah satu dari empat kelompok jaringan pokok. *Miologi* adalah istilah untuk pelajaran mengenai otot. Otot dikaitkan pada tulang,

tulang rawan, ligamen dan kulit. Yang langsung terletak di bawah kulit adalah datar, dan yang pada anggota gerak panjang.

Otot kerangka biasanya dikaitkan pada dua tempat tertentu, tempat yang terkuat disebut *origo* (asal) dan yang lebih dapat bergerak disebut *insersio.* Origo dianggap sebagai tempat darimana otot timbul, dan insersio adalah tempat ke arah mana otot berjalan. Tempat terakhir ini adalah struktur yang menyediakan kaitan yang harus digerakkan oleh otot itu.

Otot kerangka tidak bekerja sendiri-sendiri tetapi dalam kelompok-kelompok untuk melaksanakan gerakan dari berbagai bagian kerangka. Setiap kelompok berlawanan dengan yang lain dinamakan *otot antagonis.* Flexor adalah antagonis dari extensor, dan abduktor dari adduktor. Beberapa kelompok bekerja untuk menstabilkan bagian-bagian anggota sewaktu bagian lain bergerak: ini disebut *otot fixasi.* Lain lagi menguatkan sendi sementara yang lain bergerak, sebagimana flexor dari otot pergelangan tangan menguatkan sewaktu jari diluruskan. Ini disebut *sinergis.*

Tendon. Misalnya tendon dari Achilles (urat kering), mengikat otot pada tulang. Urat-urat ini berupa serabut-serabut simpai yang putih, berkilap, tidak elastik. *Aponeuroses* adalah lembaran-lembaran datar atau simpai-simpai dari jaringan fibrus dengan maksud untuk memuat kelompok-kelompok otot dan adakalanya menggandengkan sebuah otot dengan bagian yang menggerakkannya. Fasia adalah campuran dari jaringan fibrus dan areolar yang membungkus dan mengikat jaringan lunak dari tubuh.

Diafragma adalah struktur muskulo-tendineus berbentuk kubah yang memisahkan rongga torax dari rongga abdomen. Dan membentuk lantai dari rongga torax dan atap dari rongga abdomen. *Fungsi.* Pada inspirsi kontraksi otot mendatarkan kubah diafragma dan dengan demikian melebarkan ukuran vertikal rongga torax. Turunnya diafragma menyebabkan udara ditarik masuk ke dalam paru-paru dan karena itu meluas untuk mengisi rongga torax yang membesar.

Selain sebagai otot utama dalam pernapasan, maka diafragma juga menekan alatalat dalam abdomen sewaktu turun dan dengan demikian membantu kerja miksi (kencing), defaekasi (buang air besar) dan pada partus (melahirkan).

Tinggi diafragma berubah sejalan dengan perubahan sikap. Tertinggi bila rebahan dan terendah bila berdiri atau duduk tegak. Karena itulah pasien yang menderita sesak napas merasa diri lebih enak bila duduk tegak.

2.5. Metoda Pengelompokan Dan Pengevaluasian Kerja Manual

2.5.1. Metoda tradisionil

a. Perspektif

Ini biasanya melibatkan serangkaian peristiwa-peristiwa berikut:

1. Pengembangan metoda pelaksanaan pekerjaan pilihan. Ini mengasumsikan bahwa tugas atau pekerjaan dapat dilaksanakan dengan menggunakan metoda-metoda yang berbeda.Untuk mengembangkan metoda pilihan seorang analis harus (1) menyatakan tujuan operasi, (2) mengidentifikasi metoda yang ada untuk mewujudkan tujuan tersebut, (3) menggunakan metoda yang layak secara uji coba, dan (4) memilih metoda terbaik untuk mewujudkan tujuan.
2. Persiapan praktik standar. Ini meliputi (1) pembuatan sketsa tempat-kerja, bersama mesin dan alat yang dipakai, (2) pendataan kondisi kerja abnormal yang dapat mempengaruhi kinerja, dan (3) penyusunan tabulasi rangkaian gerak yang dibutuhkan pekerja untuk menyelesaikan operasi.
3. Penentuan standar waktu. Ini dilakukan oleh peerja terampil yang memprogram operasi sesuai dengan waktunya – yakni, studi waktu dilaksanakan – atau berpedoman pada data waktu normatip menurut literatur setiap gerakan yang dibutuhkan dan penambahan nilai-nilai ini untuk memprediksi waktu standar operasi – yaitu, sistem waktu yang ditetapkan sebelumnya dipergunakan.

4. Pelatihan kerja. Lembar instruksi, pengarahan, dan alat bantu pelatihan dikembangkan serta digunakan untuk memastikan bahwa pekerja memahami kebutuhan-kebutuhan kerja dan metoda kerja pilihan diikuti.

Ketika biaya tenaga kerja meningkat, lebih banyak perhatian diberikan untuk memastikan bahwa setiap langkah diatas dilaksanakan oleh fungsi-fungsi teknologi industri atau produksi. Didalam dekade terakhir perhatian lain juga diberikan untuk masalah operasi yang harus dilaksanakan dengan aman. Untuk memahami bagaimana analisis pekerjaan tradisionil dan biokimia menyatu, deskripsi singkat pendekatan-pendekatan tradisional selanjutnya dibahas.

Perkembangan profesional awal dalam perencanaan tenaga kerja mentitikberatkan pada prosedur-prosedur yang dibutuhkan untuk melaksanakan analisis gerak dalam rangka memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan barang atau jasa. Saah satu kontributor utama untuk bidang ini adalah Frederick W. Taylor, yang kadangkala juga disebut sebagai bapak analisis waktu moderen. Studi Taylor tahun 1898 tentang penyekopan padi, jagung, dan biji besi merupakan investigasi komprehensif untuk menentukan ukuran sekop optimal, frekuensi penyekopan, dan waktu istirahat yang dibutuhkan untuk memaksimumkan output total suatu kelompok pekerja (Copley, 1923). Dengan penggabungan (1) seleksi dan pelatihan pekerja yang tepat untuk pekerjaan tertentu, (2) penyediaan sekop khusus untuk material beban yang berbeda, dan (3) pembayaran bonus untuk output diatas rata-rata, Taylor mampu membuktikan bahwa 140 orang dapat mengerjakan jumlah pekerjaan yang sama yang sebelumnya dikerjakan oleh 400-600 pekerja (Copley, 1923).

Hasil-hasil ini, bersama dengan studi lain, membantu Taylor untuk membuat prinsip-prinsip dasar manajemen tenaga kerja manusia. Ia menyebutnya sebagai *Prinsip-prinsip Manajemen Ilmiah.* Prinsip-prinsip ini adalah:

Pertama. Pengembangan sains penting untuk setiap unsur pekerjaan manusia, yang bisa menggantikan metoda rule-of-thumb yang lama.

Kedua. Seleksi pekerja terbaik untuk setiap tugas khusus dibutuhkan, dan kemudian pelatihan, pengajaran, dan pengembangan pekerja.

Ketiga. Pekembangan semangat kerjasama antara manajemen dan pekerja dalam pelaksanaan aktivitas sesuai dengan prinsip sains yang dikembangkan.
Keempat. Pembagian kerja kedalam bagian-bagian yang hampir sama antara manajemen dan pekerjaan harus dilaksanakan, setiap departemen mengambil alih pekerjaan yang lebih cocok untuknya.

Prinsip pertama dan kedua menganjurkan pengembangan pengetahuan khusus tetang kebutuhan pekerjaan dan kapabilitas pekerja. Sementara prinsip ketiga dan keempat menganjurkan program kerjasama buruh-manajemen untuk pengembangan serta pengimplementasian perbaikan-perbaikan produktivitas; yang mana sekarang ini banyak dianjurkan oleh orang yang tertarik pada perbaikan mutu kehidupan kerja. Untuk memperbaiki aspek-aspek biokimia pekerjaan dibutuhkan semangat kerjasama yang sama antara buruh dan manajemen.

Salah satu studi paling tua dan paling banyak dikutip adalah studi yang dilakukan oleh Frank Gilbreth adalah studi tukang batu (Gilbreth, 1911). Dengan menggunakan foto tukang-batu dalam bisnis kontsruksinya dia dapat membuktikan bahwa kelelahan (fatigue) dan gerakan-gerakan yang percuma tidak perlu bagi output tinggi jika (1) batubata terlebih dahulu disortir antara batu yang baik dan jelek, (2) batu-batu diarahkan dengan sisi terbaik menghadap keluar, dan (3) batu-batu diberikan kepada tukang-batu dengan tinggi kerja yang nyaman dengan perancah yang mampu-setel.

Dua kontribusi metodologi khusus untuk studi tenaga kerja manual harus dihubungkan dengan studi Gilbreth. Satu adalah penggunaan *studi micromotion.* Dalam prosedur ini, perhatian besar diberikan kepada pengkategorisasian gerakan individual, yang disebut sebagai *gerak elemental.*

Studi Gilbreth juga dipercaya dengan penggunaan *cyclegraph* atau *chronocyclegraph* untuk membandingkan rangkaian gerakan-gerakan alternatip. Jalur gerak ditranskripsikan dengan rangkaian dot diatas film. Dengan pengukuran jumlah dan peprindahan doth, studi Gilbreth mampu mengukur dan membandingkan kebutuhan gerak-pekerjaan yang berbeda. Kini tehnik ini sudah

diperbaiki dengan tehnik vidio dan komputer moderen untuk memungkinkan studi gerakan seluruh-tubuh.

2.5.2. Sistem Analisis Pekerjaan Tradisional

Tahun 1924, Segur mengembangkan persamaan prediksi-waktu untuk berbagai kelas gerakan dari analisis film operasi industri selama Perang Dunia I. Waktu untuk menyelenggarakan pekerjaan manual yang kompleks dapat diprediksi dengan menguraikan pekerjaan sebagai rangkaian gerakan-gerakan elemental yang sudah mengetahui kebutuhan waktu, dan kemudian menjumlahkan waktu normatif yang dibutuhkan untuk masing-masing gerakan elemental. Nilai waktu elemental yang dihasilkan kemudian dikenal sebagai *predetermined elemental motion times* (waktu gerakan elemental yang ditetapkan sebelumnya).

Karenanya saat ini sering terlebih dahulu harus dapat direncanakan kebutuhan-kebutuhan *staffing* untuk suatu tugas baru sebelum kebutuhan itu menjadi kebutuhan operasional, sistem waktu-gerakan yang ditetapkan sebelumnya lebih sering dipergunakan daripada tehnik-tehnik studi-waktu. Sebuah survey penggunaan tehnik-tehnik tersebut oleh Karger dan Bayha (1965) mengungkapkan bahwa sekitar dua pertiga sampel perusahaan di AS menggunakan beberapa sistem pengukuran pekerjaan, dan sekitar 56% dari sampel ini memakai sistem waktu-gerakan yang ditetapkan sebelumnya. Dewasa ini, sistem Pengukuran Metoda Waktu (MTM) dipakai dua kali lebih sering dari sistem lain, dan mempunyai organisasi internasional yang membantu anggotanya dalam pemanfaatan sistem tersebut.

a. MTM-1: Contoh Sistem Gerakan-Waktu Yang Ditetapkan Sebelumnya

Sistem Pengukuran Metoda Waktu (MTM) yang dikembangkan oleh Maynard dan lain-lain pada akhir 1940-an didasarkan pada studi film dan waktu dari berbagai pekerjaan industri. Studi ini mengandalkan deskripsi kegiatan manual dengan referensi sejumlah gerakan elemental dasar.

Nilai waktu untuk setiap gerakan elemental dalam prosedur MTM dinyatakan dalam satuan seperseratus ribu jam (0,00001 jam), dan disebut sebagai

satu unit pengukuran-waktu (TMU). Pecahan ini dipilih sebagai satuan ukuran karena tingkat produksi dalam industri sering dinyatakan dalam satuan produksi per jam – satu TMU sama dengan 0,0006 menit atau 0,036 detik.

Contoh waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan objek disekitar tempat kerja, nilai waktu ramalan MTM, untuk tipe *moves* manusia yang berbeda dalam industri. Nilai waktu yang disajikan dalam tabel tergantung pada (1) tiga macam kondisi terminal, (2) beban yang sedang diangkut, dan (3) lamanya gerakan. Pengaruh kondisi terminal dan lamanya gerakan adalah *self-explanatory*. Efek beban lebih rumit karena disini diasumsikan bahwa bobot yang dipegang di satu tangan menambah delay (keterlambatan) waktu awal (disebut sebagai "Konstanta") ditambah delay proporsional (disebut sebagai "Faktor"). Jadi, jika sebuah objek didorong atau ditarik diatas rak atau meja, beban disamakan dengan gaya horisontal rata-rata yang dibutuhkan selama gerakan, yakni berat objek dikalikan dengan koefisien friksi harapan antara objek dan permukaan penopangnya.

Prosedur memerlukan looking-up dalam nilai waktu tabel yang sama untuk gerakan elemental standar berikut:

1. Jangkauan – gerakan tangan atau jari tanpa-beban
2. Posisi – gerakan kecil yang dibutuhkan ketika objek sejajar akan dilepas pada akhir gerakan.
3. Lepas – gerakan jari atau pelepasan objek pada akhir gerakan tanpa suatu gerakan overt.
4. Disengage – gerakan sembarang (rebound) yang sering dibutuhkan ketika dua objek tiba-tiba berdekatan satu sama lain karena dorongan.
5. Gemgam – gerakan *overt* yang diperlukan untuk mengontrol suatu objek.
6. Lintasan fokus mata – waktu yang dibutuhkan mata untuk bergerak dan menghasilkan visualisasi objek.
7. Turn apply pressure – manipulasi objek, alat, dan objek yang dibutuhkan untuk memutar suatu objek melalui rotasi tangan sepanjang sumbu pergelangan tangan.

8. Tubuh, gerakan kaki – gerakan angkatan tubuh dengan nilai yang dinyatakan per step untuk kondisi yang berbeda-beda.
9. Gerakan simultan – aturan-aturan dibuat sehingga gerakan-gerakan dapat dilakukan bersama-sama – dan nilai gerakan terbesar yang akan dipergunakan dalam prediksi waktu standar.

b. Kelebihan dan Keterbatasan dalam Sistem Analisis Kerja Kontemporer

Dalam kajian Bagan Analisis Metoda dalam Tabel 7.4 harus diperhatikan bahwa tabel itu mendokumentasikan beberapa aspek penting kegiatan manual dalam industri. Pertama adalah sketsa tempat-kerja, dengan gerakan tangan dan jarak yang dibutuhkan. Sketsa dapat berfungsi sebagai basis perubahan rencana dalam layout tempat kerja yang dibutuhkan untuk mengurangi stres muskuloskeletal. Kedua, analisis metoda mengindikasikan keseimbangan relatip waktu kerja antara lengan kiri dan lengan kanan. Ketiga, analisis mendeskripsikan keadaan aktivitas-aktivitas pegangan-statis yang dibutuhkan satu tangan sementara tangan lain melakukan aktivitas lain. Terakhir, waktu gerakan yang diprediksi dengan sistem tersebut menjadi sarana perbandingan dengan waktu gerakan yang diukur dalam laboratorium dan eksperimen lapangan. Perbandingan ini memastikan bahwa gerakan-gerakan yang diamati di laboratorium konsisten dengan yang terjadi dalam lingkungan industri. Hanya melalui analisis metoda yang terperinci dan perbandingan nilai waktu-gerakan elementel yang dihasilkan dan pola gerakan seseorang dapat memulai membuat perbandingan dan menerapkan data biokimia laboratorium untuk memecahkan soal biokimiawi kerja riil.

Selain kelebihan-kelebihan metoda analisis kerja tradisionil sebelumnya, beberapa keterbatasannya juga harus diakui. Pertama, sistem analisis kerja tradisionil jarang mencatat beban eksak yang diharapkan untuk di-handle. Biasanya, estimasi beban “rata-rata” dipakai sebagai basis untuk ramalan waktu. Maka beban aktual yang di-handle harus dicatat untuk tujuan biokimia, dengan perhatian khusus dengan beban berat yang biasanya dapat diangkat, atau beban yang seirng diangkat.

Keterbatasan kedua sistem analisis pekerjaan existing adalah bahwa mereka tidak membutuhkan data postur per se. Sketsa normal tempat kerja yang disertakan dalam diagram gerakan-tangan menghasilkan data awal, tetapi ini perlu dilengkapi dengan data yang mendeskripsikan postur ekstrim yang dapat menimbulkan tekanan berat pada sistem muskuloskeletal. Dengan alasan inilah Gilberth dalam pada awal abad ini menggunakan fotografi pekerjaan mereka. Ini memungkinkan mereka untuk menganalisa secara sistematis suatu pekerjaan, mengidentifikasi postur dan gerakan-gerakan yang tidak efisien, serta menganjurkan koreksi-koreksi.

Ini bisa membuka kemungkinan munculnya kelemahan biokimia terbesar prosedur-prosedur analisis pekerjaan tradisionil. Karena maksud utama skema analis metoda existing adalah untuk memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu pekerjaan, aktivitas yang jarang dalam suatu pekerjaan bisa seluruhnya diabaikan dalam analisis. Analisis metoda-metoda tradisionil bisa mengabaikan tugas-tugas ini jika mereka mencakup kurang dari 5-10% total hari-kerja operator.

Namun, disamping keterbatasan-keterbatasan ini, analisis biokimia suatu pekerjaan harus mulai dengan pengujian yang teliti pada saat kerja untuk menentukan metoda kerja existing yang dipergunakan oleh seorang pekerja. Jikalau pekerjaan lebih tidak terstruktur, dengan tugas-tugas manual yang bervariasi, prosedur sampling-kerja bisa dipergunakan untuk mendokumen tasikan kebutuhan-kebutuhan kerja.

Akan tetapi, kalau metoda-metoda kerja umum didokumen tasikan, inisiatip khusus perlu untuk (1) mengidentifikasi postur pekerjaan yang potensil membahayakan sistem muskuloskeletal, (2) mengukur beban aktuak yang di-handle, dengan perhatian khusus pada beban rata-rata dan beban puncak, dan (3) menjamin bahwa tugas-tugas biasa dimasukkan dalam analisis dengann melakukan diskusi yang rinci dengan supervisor dan pekerja.

Dalam hal ini, sumber informasi tambahan mungkin dibutuhkan. Pertama, adalah dari ringkasan statistik laporan medis atau kunjungan kerja. Ini sering mengidentifikasi aktivitas kerja. Tipe data kedua yang dibutuhkan dalam biokimia

media potensil berasal dari penggunaan “discomfort survey”. Banyak bentuk lain dari data-data ini ada, Namun, semua data ini mempunyai satu tujuan, yakni untuk mendokumentasikan secara sistematis prevalensai dan tipe masalah muskuloskeletal dalam kelompok kerja.

2.5.3. Sistem Analisis Kerja Biokimia Kontemporer

Karena kebutuhan akan data pekerjaan yang lebih spesifik dari pada yang disediakan melalui sistem analisis metoda tradisionil, beberapa pendekatan kontemporer sudah disarankan untuk memperbaiki dokumentasi kebutuhan-kebutuhan biomedis dalam pekerjaan.

a. Checklist dan Survey Stres Fisik

Ketika pertama kali mengevaluasi variasi pekerjaan yang terdiri dari berbagai kebutuhan manual yang berbeda, checklist tugas-tugas fisik sering dapat dimanfaatkan untuk mendokumentasikan kebutuhan fisik umum. Gambar 7.1 mengilustrasikan salah satu bentuk checklist yang dikembangkan Harman tahun 1951.

Pendekatan survey yang lebih informatif sudah dianjurkan oleh Departemen Ketenagakerjaan AS. Dalam kasus ini analist langsung mengamati pekerjaan dan mengisi formulit yang menjelaskan frekuensi kejadian rata-rata dan bobot pekerjaan yang ditangani selama pelaksanaan tugas-tugas manual yang berbeda. Prosedur ini dimodifikasi oleh Koyl dan Hanson (1973) untuk memasukkan catatan jam selama siang hari dimana setiap kegiatan dilaksanakan, serta apakah tangan kiri atau tangan kanan mengerjakan kegiatan dimaksud. Melalu pembandingan data ini dengan penilaian klinis mobilitas dan kekuatan orang, Koyl dan Hanson mengusulkan penempatan individu pada pekerjaan khusus.

Harus dijelaskan bahwa data survey stres fisik penting ketika mengidentifikasi pekerjaan yang dapat potensial beresiko untuk sistem muskuloskeletal. Data-data ini khususnya sangat membantu bilamana pekerjaan terdiri dari tugas-tugas yang tidak repetitip.

b. Analisis Angkatan Manual

Karena angkatan manual sangat prevalen, dan karena sering menjadi penyebab serius dari gangguan muskuloskeletal, evaluasi khusus tugas-tugas angkatan (lifting) sering dibutuhkan. Satu pendekatan untuk analisis angkatan sudah disarankan oleh NIOSH, 1981. Badan riset pemerintah ini mengusulkan bahwa tugas-tugas angkatan manual dievaluasi dengan mendokumenta sikan variabel-variabel pekerjaan berikut:

1. Berat objek yang diangkat – ditentukan oleh penimbangan langsung. Jika ini bervariasi dari waktu ke waktu, berat rata-rata dan maksimum dicatat.
2. Posisi beban dibandingkan dengan tubuh – diukur pada kedua titik awal dan titik akhir angkatan dengan koordinat horisontal dan vertikal. Lokasi horisontal dari tubuh (H) diukur dari midpoint dari garis penghubung ankle ke midpoint dimana tangan menggemgam objek ketika dalam posisi angkat. Biasanya adalah H (W/2 : 15) cm, dimana W adalah lebar objek yang diukur sepanjang sumbu horisontal.
3. Frekuensi angkat – dicatat pada lembar analisis pekerjaan dalam angkatan rata-rata/laporan angkatan frekuensi-tinggi. Frekuensi terpisah harus dimasukkan untuk setiap tugas angkatan yang bisa dibedakan jika dilakukan dengan frekuensi yang lebih tinggi dari setiap lima menit.
4. Periode (atau durasi) – total waktu yang dibutuhkan dalam setiap angkatan. Ini dirumuskan sebagai total angkatan lebih atau kurang dari satu jam untuk tujuan prosedur ini.

Berat objek dan data koordinat tangan yang didapat dari setiap analisis ini dibandingkan dengan batas-batas kekuatan biokimia dan kekuatan psikofisik. Data atas frekuensi angkatan dan data durasi dipergunakan untuk memprediksi kebutuhan energi metabolik pekerjaan dan dibandingkan dengan norma-norma kapasitas kerja populasi.

Untuk mencatat data angkatan kerja, Lembar Analisis Pekerjaan Stres Fisik sudah dikembangkan oleh NIOSH. Ini diperlihatkan dalam Gambar 7.4, diisi untuk tugas angkatan yang membutuhkan stock reel 200-N yang harus diangkat

dalam setiap pergeseran kearah puncak punch press. Dimensi stock reel dan press membuat tugas ini sulit. Angkatan ini akan melampaui Batas Aksi NIOSH, sehingga menuntut seleksi dan pelatihan pekerja yang cermat untuk melaksanakan tugas seperti ini.

Bilamana evaluasi angkatan selesai untuk setiap tugas angkatan pada suatu pekerjaan, Batas Aksi dan Batas Maksimum Yang Diijinkan ditambahkan ke formulir coding dalam kolom yang diberikan. Karena H sangat kritis dalam penentuan hasil stres bikominia, khususnya pada bagian punggung bawah, maka analisis pekerjaan penting mengukur H pada titik tertentu dalam pengangkatan objek saat mana efek beban diperkirakan besar. Ini biasanya dekat atau pada awal angkatan, dimana efek inersia percepatan makssa keatas cukup besar.

c. Analisis Kekuatas Statis Pekerjaan

Karena Pedoman Praktek Kerja Angkatan Manual NIOSH hanya berlaku untuk angkatan beban simetris pada bidang sagittal, skema analisis stres fisik pekerjaan yang lebih komprehensip mungkin dibutuhkan. Salah skema ini sudah dijelaskan dalam Bab 6. Model ini membandingkan momen beban yang dihasilkan pada berbagai persendian tubuh selama pelaksanaan berbagai bentuk pengerahan tenaga dengan momen kekuatan statis yang didapatkan dari tes 3000 pekerja di AS.

Metodologi ramalan kekuatan ini telah menyajikan beberapa cara mengevaluasi berbagai data eksersi manual yang didapat dari pengamatan langsung pekerja. Prosedur analisis pekerjaan biasanya sama seperti yang diaplikasikan oleh NIOSH. Pekerjaan diuraikan sebagai rangkaian tugas-tugas fisik. Namun, yang berbeda adalah bahwa di sini analis juga harus mengidentifikasi arah vektor beban yang mengarah pada tangan. Selanjutnyam setiap tugas, postur torso dan extremitas pada waktu puncak eksersi dicatat, biasanya dari vidio stop-aksi atau fotografi. Perbandingan hasil dengan foto, citra vidio atau gambar menghasilkan check kualitatip pada sudut input postural. Koordinat vertikal dan horisontal pusat beban, relatip dengan *ankle*.

Jika data input cocok dan program menampilkan (1) prediksi grafik dan tabular persentase populasi pria dan wanita yang diharapkan memiliki kekuatan statis pada setiap sendi utama, (2) prediksi grafik dan tabular kekuatan pampat disc LS/SI untuk pria dan wanita, (3) koefisien-friksi statis yang dibutuhkan agar tidak terjadi slip tubuh, dan (4) statemen tentang apakah tugas yang sedang diselenggarakan akan menyebabkan kerugian keseimbangan tubuh kemuka atau kebelakang.

Logika ramalan kekuatan tiga-dimensi yang dibahas secara singkat pada akhir bab 6 juha diimplementasikan sebagai software personal computer di Universitas Michigan. Ini dinamakan Program Ramalan Kekuatan Statis 3D. Salah satu contoh penggunaan metodologi evaluasi kekuatan ini yang lebih kuat dilaporkan oleh Chaffin et. al. (1977). Kasus ini melibatkan penggunaan stock reel berputar ke dan dari mesin dan mengangkatnya kedalam mesin. Dalam kasus ini berat reel 290 N dan diangkat hanya sekitar 100 cm bukan 160 cm dalam analisis pres punch. Analisis ini juga menunjukan bahwa stooping dan squatting dibutuhkan untuk mendorong reel yang menekan otot-otot ekstensor lebih besar dari pada gugus otot lain. Aksi otot pada tugas ini diketahui menjadi abduksi bahu, khususnya bagi para pekerja wanita. Analisis data kesehatan untuk masalah-masalah muskuloskeletal menunjukan bahwa pekerja yang menangani pekerjaan-pekerjaan ini mengalami risiko luka yang lebih besar 10 kali lebih serius daripada luka rata-rata yang dilaporkan terjadi di pabrik.

d. Metoda Evaluasi Postur

Pendekatan lain untuk pencatatan postur yang potensial menegangkan, merujuk pada pentargetan postur, diusulkan oleh Corlett, Madeley, dan Manenice (1979). Prosedur ini mensyaratkan analis pekerjaan untuk mengamati pekerja secara acak selama hari kerja. Pada waktu pengamatan analis mencatat konfigurasi angular dari berbagai bagian-bagian tubuh dengan alat bantu “diagram tubuh” seperti yang ditampilkan dalam Gambar 7.7. Jikalau seseorang diamati beberapa kali selama hari kerja dalam posisi duduk, tetapi dengan lengan atas terangkat dan dilenturkan serta torso miring ke sisi kiri, yang mengakibatkan diagram postur

komposit yang kelihatan sama seperti Gambar 7.8a. Dalam bentuknya paling sederhana prosedur mendokumentasikan postur pekerjaan sedemikian rupa sehingga analis dapat dengan mudah mengidentifikasi pekerjaan yang paling sering dilakukan dan paling menegangkan untuk analisis biokimia yang terperinci.

Harus diperhatikan bahwa pada tahun 1974, Priel mengusulkan sistem untuk memungkinkan postur bisa secara numerik didefenisikan dan dicatat. Dari pengamatan pekerja berkali-kali, postur dasar tubuh didalam sistem koordinat tiga-dimensi, level saat mana sendi dan kaki ditempatkan, dan arah serta banyaknya pergerakan ditentukan dan dicatat pada "posturegram". Ovaco Working Posture Analysis System (OWAS) adalah metoda praktis untuk identifikasi dan evaluasi postur kerja yang tidak menyenangkan. Metoda ini terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah tehnik observasi untuk evaluasi postur kerja. Tehnik ini dapat dipergunakan dalam studi waktu-dan-gerak dalam rutinitas harian dan memberikan hasil-hasil yang baik setelah periode pelatihan singkar atas orang-orang yang melaksanakan studi. Bagian kedua metoda ini adalah serangkaian kriteria untuk disain-ulang metoda pekerjaan dan tempat kerja. Kriteria didasarkan pada evaluasi yang dilakukan oleh pekerja-pekerja berpengalaman dan ahli ergonomik. Kriteria mempertimbangkan faktor-faktor seperti kesehatan dan keselamatan kerja. Metoda ini sudah banyak dipergunakan oleh perusahaan baja yang berpartisipasi dalam pengembangannya. OWAS sekarang sedang dikembangkan lebih lanjut dan dapat dipergunakan dalam dua tipe investigasi: investigasi OWAS dasar dan investigasi OWAS terapan. OWAS dasar dipergunakan bilamana tugas melibatkan seluruh tubuh. OWAS terapan dipergunakan bilamana suatu tugas kerja atau pekerjaan dilaksanakan dalam posisi duduk atau posisi berdiri dan sebagian besar pekerjaan dikerjakan dengan tangan. Tehnik serupa dengan OWAS adalah tehnik yang dikembangkan oleh Bern dan Miller (1980) untuk penganalisaan pergerakan postur kerja (TRAM). OWAS dan TRAM mencatat postur pada interval reguler diatas lembar catatan, yang mencantumkan sejumlah postur dasar (punggung, lengan, dan kaki).

Sistem Swedia yang disebut ARBAN dikembangkan oleh Holzmann (1982). Metoda ini terdiri dari empat tahap: (1) pencatatan situasi tempat kerja

pada *videotape* atau film; (2) *coding* postur dan situasi beban pada beberapa situasi "*frozen*" ruangan tertutup; (3) komputerisasi; dan (4) evaluasi hasil. Selanjutnya, metoda analisis postur terbaru yang dikembangkan oleh Keyserling (1986) menggunakan program komputer pribadi (PC) untuk mentabulasi postur batang tubuh dan bahu. Metoda ini mensyaratkan analis untuk mengkaji vidiotape pekerjaan tiga kali, sekali untuk membuat kode postur batang tubuh, dan dua kali untuk mengkode postur bahu kanan dan kiri. Output sistem merupakan tabulasi frekuensi perubahan-perubahan postur, dan statistik pada peralihan dari satu postur ke postur lain, dan juga lamanya waktu postur tertentu.

Sistem untuk pencatatan postur yang diamati pada pekerjaan sudah diusulkan oleh Foreman et. al (1988). Metoda ini mensyaratkan agar pengamat menggunakan mnemonik dua-huruf sebagai input postur ke mikrokomputer portabel. Seperti metoda Keyserling, output komputer merupakan deskriptor statistik pekerjaan. Para pengarang mengklaim bahwa pengamat-pengamat terlatih dan tidak terlatih mampu menyepati postur yang paling banyak dipergunakan untuk sistem, dan kemampuannya dipergunakan di lapangan, karena memungkinkan para pengamat untuk berpindah-pindah dalam tempat kerja guna memverifikasi aspek tiga-dimensi dari postur-postur tertentu.

e. Analisis Postur Ekstrimitas Atas

Karena prevalensi ekstrimitas atas dan rasa nyeri bahu dalam pekerjaan di industri, khususnya pekerjaan pada bangku panjang, prosedur-prosedur analisis postur khusus sudah diusulkan oleh Amstrong, Foulke, Joseph, dan Goldstein. Prosedur ini mengisyaratkan pembuatan film oleh operator dan kemudian membuat kode postur esktrimitas atas dari masing-masing bingkai film. Prosedur koding untuk masing-masing postur melibatkan pencatatan deviasi-deviasi angular bahu. Postur tangan dirancang dari pilihan enam kategori postur yang berbeda. Jika eksersi tangan paksa dibutuhkan dalam pekerjaan, pencatatan EMG elektroda permukaan diperlukan untuk mengestimasi level eksersi, dengan menggunakan prosedur yang dijelaskan dalam Bab 5. Kekuatan gemgaman tangan kemudian dicatat untuk setiap postur yang difoto. Titik beban paksa pada tangan

dicatat dengan kode – 0 untuk telapak tangan dan 1 sampai 5 untuk digit 1 sampai 5 ketika diterapkan kekuatan tangan. Bentuk yang dipakai untuk mencatat data-data ini ditampilkan dalam Gambar 7.10.

Amstrong et.al (1982) mendeskripsikan penggunaan sistem ini untuk mengevaluasi metoda-metoda pekerjaan dan alat yang dipergunakan untuk memproses poultry. Analisis menunjukan bahwa perubahan-perubahan layout pekerjaan, disain pisau potong-daging, dan pelatihan pekerja akan mengurangi stres pada pergelangan tangan dan bahu yang perlu memegang kalkun dan melakukan pemotongan daging kalkun.

f. Analisis Lenturan Batang Tubuh

Alat pengukuran untuk pencatatan gerak dan postur dalam bidang sagittal sudah dikembangkan oleh Ortengren dan Andersson. Instrumen terdiri dari potensiometer pendulum sebagai transduktor, analog lima-level dan konvertor digit, sirkuit kontrol, dan sembilan register digit. Meskipun analisator memiliki potensi untuk pengukuran gerakan dari setiap segmen tubuh, metoda ini sudah banyak diadaptasi untuk pengukuran pergerakan batang tubuh dalam bidang sagittal.

Rentang lenturan kedepan dibagi kedalam lima interval. Lenturan kedepan diatas 90 derajat dicatat dalam interval (73-90^{o}). Analisator mencatat seluruh waktu yang akan dihabiskan dalam setiap interval lenturan kedepan dan juga banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk setiap perubahan lenturan dari satu interval ke interval lain dalam satu arah lenturan. Analisis lenturan sudah diuji dan diketahui bisa akurat dan sederhana untuk dipergunakan. Versi miniatur sistem ini dikembangkan dan diuji dalam laboratorium oleh Gilad et. al (1988).

Perubahan-perubahan teknik kerja dan disain kerja dapat dengan mudah diukur dan dijumlahkan. Pencatatan terus-menerus dapat dibuat tanpa pengamat. Namun, ini tidak direkomendasikan, karena informasi penting tentang siklus kerja akan hilang. Kelebihan unit analisator lenturan adalah karena unit ini adalah non-invasivem handal, mudah diangkut, dan data didapat segera setelah diuji. Keterbatasan instrumen dalam bentuknya sekarang jelas – metoda ini mencatat

lenturan batang tubuh tetapi tidak mengindikasikan kemungkinan berapa berat eksternal simultan. Tehnik-tehnik pengamatan dan pengamat yang dilatih selalu dibutuhkan untuk analisis biokimia penanganan material manual.

2.5.4. Impak Biokimia Pekerjaan pada Sistem Pengukuran Kerja di masa depan

Dari sebelumnya harus sudah jelas bahwa sistem pengukuran kerja tradisionil terbatas dalam kemampuannya untuk memberikan data yang penting dalam mengevaluasi dan memperbaiki aspek-aspek biokimia pekerjaan. Bahkan sistem gerak-waktu paling detail, seperti sistem MTM-1, tidak menyertakan data mengenai faktor postur dan faktor penanganan-beban, Namun, selain keterbatasan-keterbatasan ini, harus disadari bahwa sistem analisis waktu-gerakan tradisionil ini memberikan struktur data fundamental dan prosedur yang dibutuhkan untuk mengevaluasi masalah-masalah potensil terkait-pekerjaan. Sistem tradisionil menegaskan analisis dan tabulasi gerakan-gerakan manusia secara akurat.

Dari usaha-usaha terbatas untuk mengembangkan sistem yang ada pada kenyataannya akan tampak bahwa beberapa skema analisis biokimia pekerjaan yang berbeda dibutuhkan sekali di masa akan datang. Beberapa pertimbangan yang dimaksud untuk membantu dalam pemilihan prosedur analisis dimasa depan adalah:

1. Kadar standarisasi tugas-tugas manual dari suatu pekerjaan.
2. Lamanya siklus kerja berulang dalam suatu pekerjaan.
3. Proporsi hari kerja dalam pekerjaan manual yang potensil menegangkan terhadap sistem muskuloskeletal.
4. Waktu yang tersedia untuk mengamati dan merekam kegiatan manual – karena analisis MTM-1 menuntut analis menghabiskan 350 kali lamanya siklus waktu kerja untuk melaksanakan suatu pekerjaan, menurut Magnusson
5. Tingkat sofistifikasi yang harus digunakan dalam pengevaluasian data pekerjaan biokimia.

6. Kegunaan akhir analisis yang diharapkan – misalnya, untuk mendisain ulang mesin, alat-alat, dan tempat kerja; memilih dan menempatkan pekerja pada pekerjaan-pekerjaan yang menegangkanl mengubah pekerjaan, dan lain sebagainya.

Saat sekarang, sudah ada banyak prosedur analisis pekerjaan biokimia yang berbeda dipergunakan, dimana sebagian diantaranya sudah dijelaskan. Tak ada satupun diantaranya yang kelihatannya valid di lapangan, walaupun semuanya sudah berhasil dipakai untuk memecahkan masalah biokimia pekerjaan dengan baik pada industri-industri tertentu.

Dengan kemajuan sistem pengukuran gerakan dan gaya gerak manusia, seperti yang dijelaskan dalam bab tentang *Bioinstrumentasi,* dapat diperkirakan bahwa prosedur evaluasi kerja yang baru akan layak dipakai. Penggabungan sistem pengukuran ini dengan sistem deskripsi gerakan yang lama akan menghasilkan perkembangan yang menarik dan menguntungkan dalam bidang biokimia pekerjaan di masa depan.