

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dan berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan akan dibahas dalam tinjauan pustaka.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

(Budiman & Setyaningrum, 2006) melakukan analisis terhadap aktivitas manual material handling dengan membandingkan metode-metode biomekanika. Banyak industri yang melakukan perpindahan barang secara manual karena lebih fleksibel. Penelitian ini akan melakukan perbandingan metode dengan mempertimbangkan input proses dan output. Metode yang dibandingkan adalah metode untuk analisis postur kerja. Metode yang paling cocok digunakan untuk penelitian ini adalah metode RULA karena aktivitas pengangkatan barang menggunakan anggota tubuh bagian atas.

(Diniardi & Ramadhan, 2016) melakukan penelitian mengenai pengisian alat pemadam kebakaran di PT Pinaco Utama Indonesia serta mengenai proses pembuatan tabung bubuk. Peneliti melakukan pengamatan langsung dan wawancara pada pekerja dengan menggunakan kuisisioner Nordic Body Map pada 4 operator, lalu ditemukan keluhan muskuloskeletal operator seperti nyeri leher, punggung, pinggang, kaki dan betis serta cedera otot. Dari keluhan yang ada maka diperlukan desain fasilitas kerja (kursi kerja) untuk mengurangi keluhan operator.

(Elektro, Industri, Teknik, Tanjung, & Pontianak, n.d.) (2016) melakukan penelitian mengenai ketidaksanggupan memenuhi permintaan dikarenakan pengolahan lidah buaya yang dilakukan secara manual. Pengolahan lidah buaya dilakukan dengan menggunakan pisau manual sehingga hasil yang didapatkan tidak maksimal seperti rusak atau hasil pemotongan tidak rata yang mengakibatkan kecelakaan kerja seperti tangan teriris pisau. Peneliti akan merancang alat pemotong untuk membantu memenuhi permintaan pasar, ukuran yang presisi, efisiensi waktu dan mengurangi resiko kecelakaan kerja. Metode yang digunakan adalah metode Westinghouse, produktivitas serta metode *Nordic Body Map*. Hasil penelitian adalah dihasilkan alat pemotong yang sesuai dengan persentil pekerja, berkurangnya keluhan postur kerja serta peningkatan produktivitas yaitu sebesar 107,8%.

(Hignett & McAtamney, 2000) melakukan penelitian guna membantu praktisi ergonomis untuk dengan mudah merancang alat atau fasilitas kerja untuk memperbaiki postur kerja dengan mempertimbangkan faktor pemuatan postural dinamis dan statis, serta human load interface (kopling). Metode yang digunakan adalah Sistem Analisis Postur Kerja Ovako (OWAS) yang dapat dinilai lebih rendah sedangkan metode NIOSH merupakan metode yang lebih spesifik penargetan postur, dan model biomekanik. Hasil yang didapatkan adalah kesepakatan untuk menghilangkan kategori Upper Arm.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang dilakukan saat ini adalah menganalisis postur kerja dan biomekanika pada aktivitas pengukuran kipas bambu di UKM Alifa *Wedding Craft* dengan tujuan untuk mengurangi keluhan muskuloskeletal dengan metode Nordic Body Map, RULA dan analisis biomekanika.

Tabel 2.1. Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Penelitian	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Output
(Budiman & Setyaningrum, 2006)	Perbandingan Metode-metode Biomekanika untuk Menganalisis Postur pada Aktivitas Manual Material Handling (MMH)	Aktivitas Manual Handling	Metode NIOSH, Metode OWAS, Metode RWL, Metode RULA / REBA	Menggunakan metode RULA karena pengangkatan barang menggunakan tubuh bagian atas
(Diniardi & Ramadhan, 2016)	Chair Design Analysis Of Work To Reduce Musculoskeletal Part 1: Anthropometry Method	Proses pembuatan tabung bubuk	Metode Nordic Body Map	Perancangan kursi kerja untuk mengurangi keluhan operator

Lanjutan Tabel 2.1.

Penelitian	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Pendekatan yang digunakan	Output
(Elektro, Industri, Teknik, Tanjung, & Pontianak, n.d.) (2016)	Rancang Bangun Alat Pemotong Lidah Buaya dengan Mekanisme Press Menggunakan Data Antropometri dan Metode Nordic Body Map (NBM)	Pengolahan proses pengolahan lidah buaya	Metode Westinghouse, perhitungan produktivitas serta metode <i>Nordic Body Map</i>	Alat pemotong yang sesuai dengan persentil pekerja, keluhan postur kerja berkurang serta peningkatan produktivitas
(Hignett & McAtamney, 2000)	Rapid Entire Body Assessment (REBA)	Membantu merancang fasilitas kerja yang mempertimbangkan factor pemuatan posturl dinamis dan statis	Metode OWAS, NIOSH serta model biomekanik	Kesepakatan tentang REBA yaitu menghilangkan kategori Upper Arm
Cornelia Adika Putri	Analisis Postur Kerja dan Biomekanika pada Aktivitas Pengukiran Kipas Bambu di UMKM ALIFA <i>Wedding Craft</i>	Aktivitas Pengukiran Kipas Bambu pada UMKM ALIFA CRAFT WEDDING	Metode Nordic Body Map, Metode RULA dan biomekanika	Rancangan alat agar pekerja memiliki postur kerja yang benar sehingga mengurangi resiko muskuloskeletal

2.2. Dasar Teori

Sub-bab ini menjelaskan teori mengenai penelitian yang akan dilakukan.

2.2.1 Pengertian Ergonomi

Ergos yaitu kerja dan nomos artinya hukum. Kedua kata tersebut merupakan Bahasa Yunani dari kata ergonomi. Menurut Pheasant (1998) ergonomi merupakan ilmu yang mempertimbangkan banyak aspek antara lain desain alat dan mesin serta objek, system kerja dan lingkungan kerja yang disesuaikan dengan pekerjaanya atau operatornya. Ergonomi memiliki manfaat antara lain untuk mengurangi resiko pekerja yang dapat mengurangi biaya kompensasi pekerja, meningkatkan efisiensi kerja, kondisi fisik, semangat kerja, kesehatan dan keselamatan pekerja, meningkatkan kualitas dan produktivitas produk dan lain sebagainya. Ergonomi berfokus pada tiga aspek utama yaitu manusia atau pekerja, mesin dan lingkungan yang saling berkolaborasi untuk menciptakan system kerja yang EASNE (Efektif, Aman, Sehat, Nyaman dan Efisien). Penerapan ilmu ergonomic antara lain posisi kerja duduk dimana posisi ini merupakan posisi stabil dalam bekerja karena kaki tidak menjadi tumpuan berat badan, posisi kerja berdiri dimana berat badan akan bertumpu pada kedua kaki dan tulang belakang vertical, proses kerja yang ditunjang dengan *layout* tempat kerja yang sesuai ukuran anthropometri pekerja dan memudahkan pekerja menjangkau alat kerja serta cara mengangkat beban yang benar untuk mengurangi cedera punggung, jaringan otot dan persendian akibat gerakan yang berlebihan. Prinsip ergonomic antara lain bekerja dengan peralatan kerja yang terjangkau serta fasilitas kerja yang sesuai dimensi tubuh agar memiliki lingkungan kerja yang nyaman, mengurangi beban yang diangkat serta mengurangi gerakan kerja yang berlebihan dan secara berulang ulang meminimasi gerakan statis dan titik beban serta melakukan peregangan saat bekerja.

2.2.2. Postur Kerja

Postur kerja merupakan faktor utama dalam melakukan analisis terhadap posisi kerja pada suatu pekerjaan. Ketika seorang pekerja melakukan aktivitas atau pekerjaannya dengan posisi yang tidak ergonomis maka akan menyebabkan terjadinya cedera otot serta mengalami penurunan produktivitas. Tarwaka (2004) membagi postur kerja menjadi tiga yaitu :

a. Posisi kerja duduk

Posisi kerja duduk merupakan posisi yang pembebanannya terletak pada kaki dan meminimalkan penggunaan energy dan sirkulasi darah tetapi membuat seseorang cepat lelah karena posisi tulang belakangnya melengkung.

b. Posisi kerja berdiri

Posisi ini merupakan posisi dimana seseorang sudah siap baik secara fisik ataupun mental sehingga pada saat bekerja, seseorang bisa lebih cepat, kuat dan teliti.

c. Postur kerja dinamis

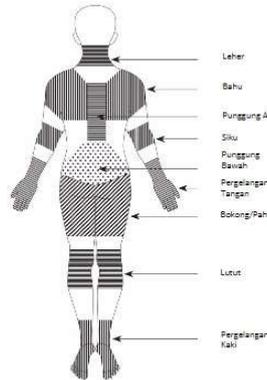
Posisi kerja duduk dan posisi kerja berdiri dapat dikombinasikan sesuai dengan jenis pekerjaannya. Posisi duduk-berdiri merupakan posisi terbaik karena pekerja lebih fleksibel atau berganti posisi untuk meminimalkan kelelahan otot akibat terlalu lama melakukan pekerjaan dengan posisi atau postur kerja yang sama.

2.2.3. Nordic Body Map

Nordic Body Map merupakan analisis postur kerja yang diukur melalui kuisisioner untuk mengetahui keluhan pada tubuh bagian mana yang dialami pekerja mulai dari posisi tidak nyaman hingga sangat sakit. Kuisisioner ini berisi analisis tubuh manusia yang diklasifikasikan menjadi 9 bagian yaitu leher, bahu, punggung atas, siku, punggung bagian bawah, pinggang, lutut dan tumit.

Bagian B. Isian
 Mohon berikan informasi tentang masalah apapun (seperti sakit, nyeri, atau tidak nyaman) yang Anda rasakan pada bagian tubuh seperti ditunjukkan pada area yang diarsir pada diagram berikut.

Silakan beri tanda centang (✓) pada salah satu kotak untuk setiap pertanyaan berikut.



Bagian Tubuh	Apakah dalam 12 bulan terakhir Anda pernah memiliki masalah (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh ini?	Selama 12 bulan terakhir, apakah Anda terhalang dalam menjalankan aktivitas normal karena masalah tersebut pada bagian tubuh ini?	Apakah dalam 7 hari terakhir Anda pernah memiliki masalah (sakit, nyeri, tidak nyaman) pada bagian tubuh ini?
LEHER	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
BAHU	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bahu kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bahu kanan dan kiri
PUNGGUNG ATAS	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
SIKU	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua siku kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada siku kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua siku kanan dan kiri
PUNGGUNG BAWAH	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya
PERGELANGAN TANGAN	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan tangan kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan tangan kanan dan kiri
BOKONG/PAHA	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada bokong/paha kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua bokong/paha kanan dan kiri
LUTUT	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada lutut kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua lutut kanan dan kiri
PERGELANGAN KAKI	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya	<input type="checkbox"/> Tidak pernah <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kanan <input type="checkbox"/> Ya, pada pergelangan kaki kiri <input type="checkbox"/> Ya, pada kedua pergelangan kaki kanan dan kiri

Gambar 2.1 Nordic Body Map

2.2.4. Rapid Upper Limb Assessment

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) dikembangkan oleh McAtamney dan Corlett (1993) untuk melakukan evaluasi terhadap pekerjaan pekerja yang dapat menimbulkan *musculoskeletal disorder* (MSD) pada tubuh bagian atas. Penilaian RULA mempertimbangkan dua faktor yaitu beban biomekanik dan postur leher, batang tubuh dan tubuh bagian atas pada saat bekerja. Sebelum melakukan penilaian RULA maka harus dilakukan wawancara kepada pekerja mengenai tuntutan dan tugas pekerja, penilai harus melakukan pengamatan secara langsung untuk dapat melihat postur kerja pekerja serta apakah pekerja bekerja dalam jangka waktu yang lama.

ERGONOMICS PLUS RULA Employee Assessment Worksheet Task Name: _____ Date: _____

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position: +1, +2, +2, +3, +4. Step 1a: Adjust... If shoulder is raised: +1. If upper arm is abducted: +1. If arm is supported or person is leaning: -1. Upper Arm Score: []

Step 2: Locate Lower Arm Position: +1, +2, Add +1. Lower Arm Score: []

Step 3: Locate Wrist Position: +1, +2, +3, Add +1. Wrist Twist Score: [] Wrist Score: []

Step 4: Wrist Twist: If wrist is twisted in mid-range: +1. If wrist is at or near end of range: +2. Wrist Twist Score: [] Wrist Score: []

Step 5: Look-up Posture Score in Table A: Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A.

Step 6: Add Muscle Use Score If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +1. Or if action repeated occurs 4X per minute: +1. Muscle Use Score: []

Step 7: Add Force/Load Score If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0. If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1. If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2. If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3. Force / Load Score: []

Step 8: Find Row in Table C Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C. Wrist & Arm Score: []

Table A: Scores

		Wrist Score						
Table A		1	2	3	4			
Upper Arm	Lower Arm	1	2	2	1	2	1	2
	Wrist Twist	1	2	2	2	3	3	3
1	1	2	2	2	3	3	3	
2	2	2	2	2	3	3	3	
3	2	3	3	3	3	3	4	
4	1	2	3	3	3	4	4	
5	2	3	3	3	3	4	4	
6	1	3	3	4	4	4	5	
7	2	3	4	4	4	4	5	
8	1	3	4	4	4	4	5	
9	2	3	4	4	4	4	5	
10	1	4	4	4	4	5	5	
11	2	4	4	4	4	5	5	
12	3	4	4	4	4	5	6	
13	1	5	5	5	5	6	6	
14	2	5	5	5	5	6	6	
15	3	6	6	6	6	7	7	
16	1	7	7	7	7	8	8	
17	2	8	8	8	8	9	9	
18	3	9	9	9	9	9	9	

Table B: Neck, Trunk, Leg Score

		Table B: Trunk Posture Score					
Table B		1	2	3	4	5	6
Neck Score	Legs	1	2	1	2	1	2
	Legs	1	2	2	3	4	5
1	1	2	2	3	4	5	6
2	2	3	3	4	5	6	7
3	3	3	4	4	5	6	7
4	3	5	5	6	6	7	8
5	7	7	7	7	8	8	8
6	8	8	8	8	8	9	9

Table C: Neck, Trunk, Leg Score

		Table C: Neck, Trunk, Leg Score						
Table C		1	2	3	4	5	6	7
Wrist / Arm Score	Neck	1	2	3	4	5	6	7
	Trunk	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	3	4	5	5	
2	2	2	3	4	4	5	5	
3	3	3	3	4	4	5	6	
4	3	3	3	4	5	6	6	
5	4	4	4	5	6	7	7	
6	4	4	5	6	6	7	7	
7	5	5	6	6	7	7	7	
8	5	5	6	7	7	7	7	

Scoring: (Final score from Table C)
 1-2 = acceptable posture
 3-4 = further investigation, change may be needed
 5-6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

Step 9: Locate Neck Position: +1, +2, +3, +4. Neck Score: []

Step 9a: Adjust... If neck is twisted: +1. If neck is side bending: +1.

Step 10: Locate Trunk Position: +1, +2, +3, +4. Trunk Score: []

Step 10a: Adjust... If trunk is twisted: +1. If trunk is side bending: +1.

Step 11: Legs: If legs and feet are supported: +1. If not: +2. Leg Score: []

Step 12: Look-up Posture Score in Table B: Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B. Posture B Score: []

Step 13: Add Muscle Use Score If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes): +1. Or if action repeated occurs 4X per minute: +1. Muscle Use Score: []

Step 14: Add Force/Load Score If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0. If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1. If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2. If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3. Force / Load Score: []

Step 15: Find Column in Table C Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C. Neck, Trunk, Leg Score: []

RULA Score: []

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders, McAtamney & Corlett, Applied Ergonomics 1993, 24(2), 91-99

Gambar 2.2. RULA

2.2.5. Keluhan Muskuloskeletal

Keluhan muskuloskeletal merupakan keluhan pada bagian otot yang dialami oleh seseorang. Apabila keluhan ini tidak segera ditangani dan dilakukan secara terus menerus dalam waktu yang lama maka akan menimbulkan resiko lainnya yaitu kerusakan pada sendi, ligament, dan tendon. Keluhan muskuloskeletal dibagi menjadi dua, yaitu :

a. Keluhan sementara

Keluhan sementara merupakan keluhan yang timbul hanya ketika otot menerima beban statis.

b. Keluhan Menetap

Keluhan menetap merupakan keluhan yang terjadi secara terus menerus walaupun sedang tidak menerima beban statis.

Keluhan Musculoskeletal yang paling sering dialami pada dunia industri adalah keluhan otot dibagian leher, bahu, lengan, tangan, jari, punggung, pinggang serta otot lainnya. Keluhan ini disebabkan oleh karena adanya kontraksi otot yang menyebabkan peredaran darah ke otot berkurang. Hal ini disebabkan karena pekerja membawa beban yang terlalu berat dan dalam jangka waktu yang lama.

Menurut Peter Vi (2000) terdapat 4 faktor penyebab terjadinya keluhan musculoskeletal yaitu :

a. Peregangan otot yang berlebihan

Peregangan otot berlebihan terjadi pada pekerja yang memerlukan tenaga besar untuk melakukan pekerjaannya yaitu aktivitas mendorong, menarik, mengangkat, dan menahan beban berat.

b. Aktivitas berulang

Keluhan ini disebabkan akibat otot menerima beban berat secara terus menerus. Contoh aktivitas berulang antara lain mencangkul, membelah kayu, dll.

c. Sikap kerja tidak alamiah

Sikap kerja yang tidak alamiah ketika bekerja antara lain pekerja mengambil bahan atau barang sehingga punggung terlalu membungkuk, pergerakan tangan terangkat serta kepala terangkat. Apabila posisi tubuh semakin jauh dengan pusat gravitasi maka akan semakin tinggi resikonya.

d. Faktor penyebab sekunder

Faktor penyebab sekunder antara lain tekanan, getaran dan mikroklimat. Faktor tekanan merupakan faktor tekanan terhadap jaringan otot lunak. Faktor getaran mengakibatkan peredaran darah tidak lancar serta penimbunan asam laktat berkurang. Sedangkan mikroklimat merupakan paparan suhu tinggi yang menyebabkan penurunan kelincihan, kepekaan dan kekuatan pekerja.

e. Penyebab kombinasi

Penyebab kombinasi antara lain faktor umur, jenis kelamin, kebiasaan merokok, aktivitas dan kekuatan fisik serta ukuran tubuh.

Cara untuk mengukur dan mengenali sumber penyebab keluhan musculoskeletal antara lain menggunakan alat ukur ergonomi, yaitu :

a. Checklist

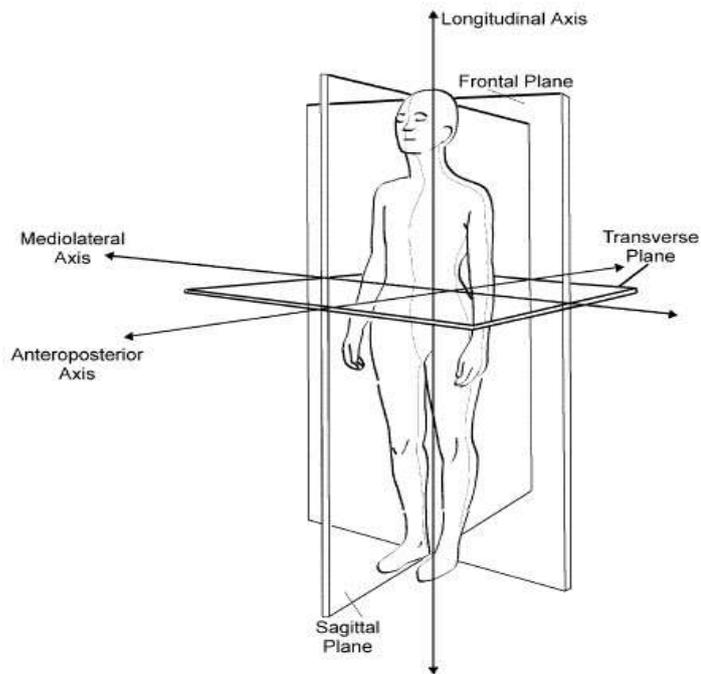
Metode checklist ini berisi pertanyaan untuk mengidentifikasi sumber keluhan. Selain itu dilakukan wawancara untuk mengetahui tingkat beban kerja, kesulitan pekerjaan, sikap kerja, waktu serta kondisi lingkungan.

b. Model Biomekanik

Model biomekanik merupakan salah satu model dengan konsep mekanika teknik untuk mengetahui aksi reaksi otot akibat tekanan beban kerja. Beberapa faktor yang harus dicermati adalah sifat dasar mekanik, dimensi model, ketepatan mengambil asumsi dan input kompleks lainnya. Dari model ini akan dikenali sumber penyebab keluhan musculoskeletal.

2.2.6. Biomekanika

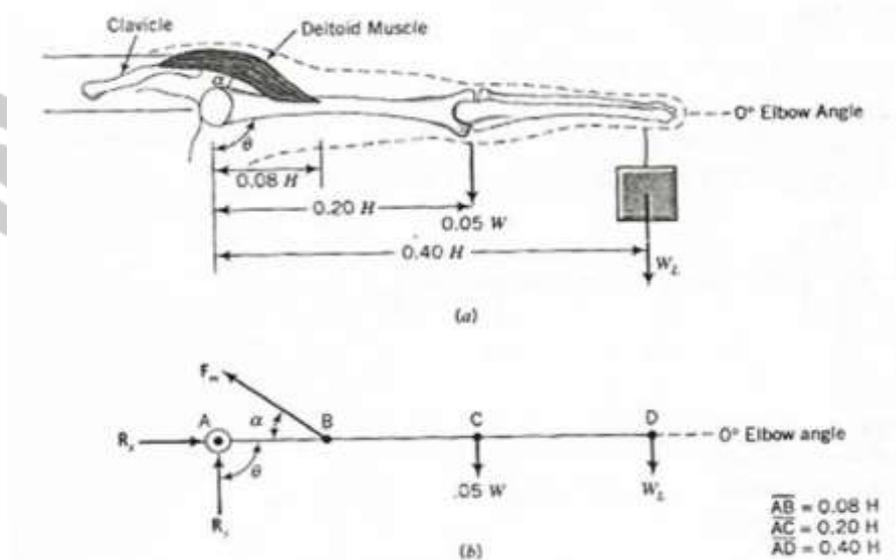
Biomekanika merupakan metode untuk mengetahui apakah beban kerja atau tekanan pada suatu bagian tubuh sudah sesuai atau memiliki resiko kelainan fisik. Metode biomekanika ini biasanya dihitung dengan menggunakan *Free Body Diagram*. Dengan menggunakan *Free Body Diagram* ini maka kita dapat mencari gaya, jarak serta berat beban dengan menggunakan garis. Untuk membuat *Free Body Diagram* maka ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu membuat *Free Body Diagram* dari bagian-bagian system serta menentukan gaya eksternal yang diketahui besarnya dan yang tidak diketahui, pilih dimana letak sumbu x-y serta kemana arah translasi dan rotasi, buat persamaan translasi dan rotasi dan lakukan penyelesaian dari persamaan yang ada untuk menghitung besaran yang tidak diketahui. Knudson (2003) membagi bidang tubuh manusia menjadi beberapa bagian 3 bagian seperti gambar bawah ini:



Gambar 2.3. Pembagian Bidang Tubuh Manusia

Terdapat juga beberapa pemodelan biomekanika antara lain lengan, punggung serta kaki. Pemodelan Biomekanika ini merupakan teori dari Philips (2000). Berikut ini akan dibahas satu persatu:

a. Lengan



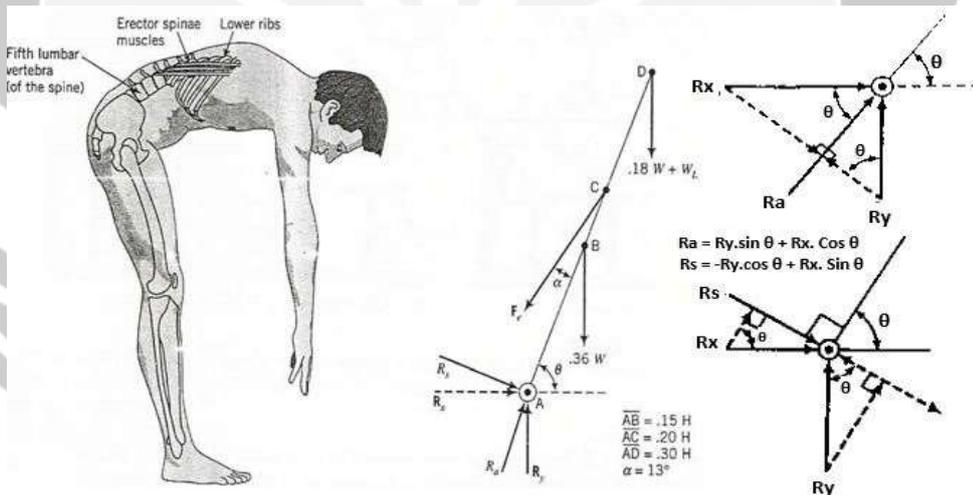
Gambar 2.4. Pemodelan Lengan

Keterangan dari gambar tersebut:

H = Tinggi tubuh orang yang diamati (m)

- W = Berat badan orang yang diamati (N)
- A = Titik pada sendi bahu
- B = Titik pada otot deltoid
- C = Titik tengah segmen lengan
- D = Titik pada segmen tangan
- W_L = Berat beban yang dibawa (N)
- F_M = Gaya pada otot deltoid (N)
- α = Sudut pada otot deltoid ($^\circ$) = 25°
- R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi bahu (N)
- R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi bahu (N)
- W_C = Berat segmen lengan = $0.05W$
- AB = Jarak antara sendi bahu (A) ke titik gaya otot deltoid (B) = $0,08H$
- AC = Jarak antara sendi bahu (A) ke titik tengah segmen lengan (C) = $0,2H$
- CD = Jarak antara titik tengah segmen lengan (C) sampai ke segmen tangan (D) = $9,2H$

b. Punggung



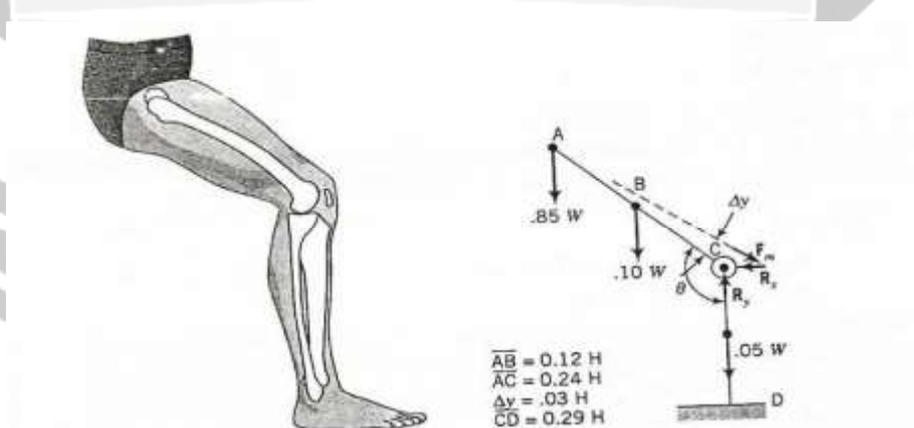
Gambar 2.5. Pemodelan Punggung

Keterangan dari gambar tersebut:

- H = Tinggi tubuh orang yang diamati (m)
- W = Berat badan orang yang diamati (N)
- W_L = Berat beban yang dibawa (N)
- F_E = Gaya otot extensor pada tulang belakang (N)
- A = Titik pada sendi lumbosacral

- B = Titik tengah berat segmen tulang belakang
- C = Titik pada otot tulang belakang
- D = Titik pada bagian leher, kepala dan lengan
- α = Sudut terbentuk antara ruas tulang belakang dengan otot *erector* = 13°
- Θ = Sudut terbentuk antara ruas tulang belakang dengan garis horizontal ($^\circ$)
- R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lumbosacral (N)
- R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lumbosacral (N)
- R_a = Gaya reaksi aksial otot searah poros tulang belakang (N)
- R_b = Gaya reaksi geser otot tegak lurus terhadap poros tulang belakang (N)
- W_B = Berat segmen tubuh tulang belakang = $0.36W$
- W_D = Berat segmen bagian leher, kepala dan kedua lengan = $0.18W + W_L$
- AB = Jarak antara sendi lumbosacral (A) ke titik tengah berat segmen tulang belakang (B) = $0,15 H$
- AC = Jarak antara sendi lumbosacral (A) ke titik gaya otot tulang belakang(C) = $0,20H$
- AD = Jarak sendi lumbosacral (A) ke titik bagian leher, kepala dan lengan(D) = $0,30H$

c. Kaki



Gambar 2.6. Pemodelan Kaki

Keterangan dari gambar tersebut:

- H = Tinggi tubuh orang yang diamati (m)
- W = Berat badan orang yang diamati (N)
- W_A = Berat bagian atas pinggul = $0,85W$
- W_B = Berat segmen paha = $0,10W$
- W_E = Berat segmen betis = $0,05W$

- A = Titik berat bagian atas pinggul
- B = Titik tengah segmen paha
- C = Titik pada sendi lutut
- D = Titik pada kaki
- E = Titik tengah segmen betis
- Θ = Sudut yang dibentuk antara paha dan kaki($^{\circ}$)
- R_x = Gaya reaksi horizontal pada sendi lutut (N)
- R_y = Gaya reaksi vertical pada sendi lutut (N)
- Δy = Jarak antara tulang paha tegak lurus dengan perpanjangan gaya otot *quadriceps* = 0,03H
- BC = Jarak antara titik tengah segmen paha (B) ke sendi lutut (C) = 0,12 H
- AC = Jarak antara titik berat bagian atas pinggul (A) ke sendi lutut (C) = 0,24H
- CE = Jarak antara sendi lutut (C) ke titik tengah segmen betis (E) = 0,145H

2.2.6. Dasar Gerak dan Gaya Tubuh

Terdapat 3 gaya yang mempengaruhi tubuh manusia (Winter,2009) yaitu :

a. Gaya gravitasi

Gaya gravitasi merupakan gaya yang arahnya ke bawah yang keluar dari segmen tubuh manusia dengan melewati titik masa dengan rumus yaitu :

$$F = m \times g \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan

F = Gaya (N)

m = Massa beban (kg)

g = percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

b. Gaya reaksi

Gaya reaksi merupakan beban yang dialami oleh segmen tubuh sehingga menimbulkan gaya

c. Gaya Otot

Gaya otot merupakan gaya yang ditimbulkan oleh karena adanya gesekan antar sendi.

Teori dasar tentang gerak benda dikenal dengan nama 3 hukum Newton. Menurut Ishaq (2007) Tiga hukum newton ini menjadi dasar dalam ilmu mekanika yaitu :

a. Hukum Newton I

Menurut (Ishaq, 2007), Jika resultan gaya (jumlah seluruh gaya) pada sebuah benda nol, maka kecepatan benda tidak berubah atau tetap.

Hukum Newton I ini membahas mengenai apabila awalnya benda diam maka benda tersebut akan tetap diam dengan kecepatan yang sama juga maka hal ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots (2.2)$$

b. Hukum Newton II

Menurut (Ishaq, 2007) Jika resultan gaya pada suatu benda tidak nol, maka benda akan mengalami perubahan kecepatan. Pada Hukum Newton II ini membahas apabila suatu benda mengalami gaya yang tidak berimbang misal sebuah benda yang awalnya diam kemudian bergerak dengan kecepatan tertentu maka dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum F = m \cdot a \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

F = Gaya (Newton)

m = Massa (kg)

a = percepatan

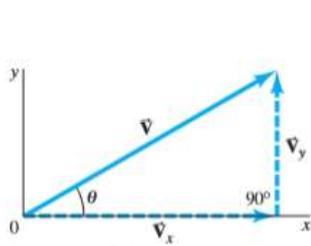
Menurut (Giancoli, 2001), $\sum F$ merupakan jumlah vektor yang dihasilkan oleh semua gaya yang ada pada benda.

c. Hukum Newton III

Menurut (Ishaq, 2007), Setiap gaya (gaya aksi) yang mengenai sebuah benda kedua, maka kedua benda tersebut akan menghasilkan gaya (gaya reaksi) yang sama besar dan berlawanan arah pada benda pertama. Hukum Newton II membahas mengenai sifat gaya aksi reaksi yaitu memiliki gaya yang sama. Arah gaya aksi dan reaksi berlawanan serta berada pada satu garis lurus dan dapat dirumuskan menjadi :

$$\sum F \text{ aksi} = - \sum F \text{ reaksi} \dots\dots\dots (2.4)$$

Menurut (Giancoli, 2001) trigonometri memiliki 3 fungsi yaitu fungsi sin, cos dan tan yang dapat dirumuskan sebagai berikut :



$$\sin\theta = \frac{\text{Side Opposite}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{Vy}{V}$$

$$\cos\theta = \frac{\text{Side Adjacent}}{\text{Hypotenuse}} = \frac{Vx}{V}$$

$$\sin\theta = \frac{\text{Side Opposite}}{\text{Side adjacent}} = \frac{Vy}{Vx}$$

Dari gambar trigonometri diatas dapat dilihat bahwa ketika diketahui trigonometri seperti gambar diatas dan ketika θ merupakan sudut dari V dengan sumbu x maka dapat dikatakan bahwa $\sin \theta = V_y/V$ sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut :

$$V_y = V \cdot \sin\theta \text{ dan } V_x = V \cdot \cos\theta \dots\dots\dots(2.5)$$

2.2.7. Gaya dan Momen Gaya

Gaya merupakan usaha untuk mengubah atau memindahkan benda dari keadaan diam menjadi bergerak ke posisi selanjutnya. Gaya merupakan salah satu besaran vector yang memiliki 3 unsur yaitu besar, arah dan titik tangkap. Terdapat dua jenis gaya yaitu gaya kolinier dan gaya konkuren. Gaya koinier merupakan gaya yang memiliki garis kerja yang berada pada satu garis lurus sedangkan gaya konkuren merupakan gaya yang saling berpotongan pada satu titik. Berikut ini merupakan beberapa sifat gaya, yaitu :

- a. Sifat gaya tidak berubah dan dapat dipindahkan sepanjang garis kerjanya
- b. Sifat gaya tidak berubah dan boleh dipindahkan dari garis kerja ketika suatu gaya ditambahkan dengan besaran kopel
- c. Kopel adalah sepasang gaya sejajar yang besarnya sama tetapi berlawanan arah.

Berdasarkan gaya kerjanya gaya dibagi menjadi dua yaitu gaya luar dan gaya dalam. Gaya luar merupakan gaya yang bekerja di luar konstruksi yang terdiri dari gaya vertical, horizontal, momen lentur dan momen torsi. Gaya vertical merupakan gaya yang tegak lurus terhadap sumbu. Gaya horizontal atau gaya normal merupakan gaya yang tegak lurus dengan bidang serta memiliki garis kerja yang sejajar dengan sumbunya disebut gaya normal sentris sedangkan gaya normal eksentris merupakan gaya bekerja di luar garis kerja. Momen lentur merupakan gaya dimana aksi dan reaksinya tidak berada pada satu garis kerja. Besar momen dihitung dengan mengalikan antara gaya berat dengan jarak dari gaya ke titik tumpuan ($M = P \times I$) dengan satuan kg.cm, kg.m, ton.cm, ton.m. Momen puntir atau torsi merupakan gaya yang memutar benda terhadap sumbu putarnya. Gaya dalam merupakan gaya yang berusaha mempertahankan kesetimbangan antara beban - beban luar yang bekerja (Reaksi vertical atau R_y dan reaksi horizontal atau R_x) akibat adanya keseimbangan antara gaya aksi dan reaksi.

Rumus Gaya :

$$F = m \times a \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

F = Gaya (Newton)

m = Massa (Kg)

a = Percepatan (m/s²)

Sedangkan rumus momen gaya :

$$\tau = F \cdot d \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

τ = Torsi (N.m)

F = Gaya (Newton)

d = Jarak (Meter)

2.2.8. Faktor Lingkungan

Lingkungan kerja merupakan suatu kondisi dimana pekerja melakukan tugas dan pekerjaannya secara maksimal. Faktor-faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja yaitu kelembaban, suhu, kebisingan, cahaya, sirkulasi udara, bau, warna dan getaran. Lingkungan kerja akan memberikan pengaruh baik apabila semua faktor yang ada berada pada batas normal. Menurut Tarwaka (2004) manusia mampu melaksanakan kegiatannya dengan baik sehingga dicapai suatu hasil yang optimal, apabila diantaranya ditunjang oleh suatu kondisi lingkungan yang sesuai.

Jenis-jenis lingkungan kerja dibagi menjadi dua yaitu:

a. Lingkungan kerja fisik

Lingkungan kerja fisik dibagi menjadi dua, yaitu lingkungan yang langsung berhubungan dengan karyawan dan lingkungan perantara atau lingkungan umum dapat juga disebut lingkungan kerja yang mempengaruhi kondisi manusia. Lingkungan yang langsung berhubungan dengan karyawan antara lain fasilitas kerja. Sedangkan lingkungan perantara yaitu faktor suhu, kelembaban, sirkulasi udara, pencahayaan, kebisingan, getaran mekanis, warna, bau, dan lain lain.

b. Lingkungan kerja non fisik

Lingkungan kerja non fisik merupakan hubungan antara rekan kerja, hubungan dengan atasan maupun bawahan. Ketika tercipta hubungan yang baik di kantor maka akan tercipta suasana kekeluargaan serta komunikasi yang baik.

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi lingkungan kerja yaitu :

a. Pencahayaan

Pencahayaan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan manusia agar dapat melakukan pekerjaannya secara jelas, cepat serta

meminimalkan terjadinya kesalahan dan meminimalkan resiko kecelakaan. Terdapat kriteria-kriteria untuk pencahayaan berbagai aktivitas. Terdapat dua jenis pencahayaan yaitu penerangan alamiah atau dengan bantuan sinar matahari serta penerangan buatan. Satuan pencahayaan yaitu 1 lux (1lm/m²). Berikut merupakan standar pencahayaan pada ruang kerja :

Tabel 2.2. Standar Pencahayaan

Jenis Kegiatan	Tingkat Pencahayaan Minimal (LUX)	Keterangan
Pekerjaan kasar dan tidak terus menerus	100	Ruang penyimpanan dan ruang peralatan/instalasi yang memerlukan pekerjaan yang kontinyu
Pekerjaan kasar dan terus menerus	200	Pekerjaan dengan mesin dan perakitan kasar
Pekerjaan rutin	300	Ruang administrasi, ruang control, pekerjaan mesin dan perakitan/penyusunan
Pekerjaan agak halus	500	Pembuatan gambar atau bekerja dengan mesin kantor pekerja pemeriksaan atau pekerjaan dengan mesin
Pekerjaan amat halus	1500 (tidak menimbulkan bayangan)	Mengukir dengan tangan, pemeriksaan pekerjaan mesin dan perakitan yang sangat halus
Pekerjaan terinci	3000 (Tidak menimbulkan bayangan)	Pemeriksaan pekerjaan, perakitan sangat halus

(Sumber : Kemenkes RI No 1405/Menkes/SK/XI/2002)

b. Suhu

Temperatur tubuh kita memiliki kemampuan untuk beradaptasi dengan temperature lingkungan. Adapun batasan perubahan temperatur luar tubuh tidak lebih dari 20% dari kondisi panas dan 35 dari kondisi dingin. Temperatur normal kita adalah 37°C. Apabila temperature luar tubuh terlalu dingin maka akan menyebabkan kinerja seseorang menurun sedangkan apabila temperature luar tubuh terlampau panas maka akan menyebabkan kelelahan.

c. Kelembaban

Kelembaban merupakan kandungan air yang terdapat pada udara dan dinyatakan dalam bentuk persentase. Kelembaban berkaitan erat dengan temperature dan kecepatan udara serta radiasi panas tubuh.

d. Sirkulasi Udara

Salah satu proses metabolisme manusia adalah pernapasan. Untuk mendapatkan udara segar maka diperlukan penanaman tanaman di area tempat kerja. Untuk mendapatkan cuaca yang segar dan sejuk maka dapat dilakukan dengan memastikan bahwa oksigen di tempat kerja cukup serta menambahkan tanaman. Ketika tempat kerja memiliki kondisi yang sejuk dan segar maka pekerja akan mempercepat pemulihan tubuh yang lelah. Sedangkan tempat kerja yang kekurangan oksigen akan membuat pekerja semakin cepat lelah.

e. Kebisingan

Kebisingan merupakan sumber suara yang melebihi batas normal kebisingan sehingga mengganggu ketenangan saat bekerja, mempengaruhi konsentrasi kerja, merusak pendengaran serta menimbulkan kesalahan komunikasi. Gangguan kebisingan akan mempercepat denyut jantung, meningkatkan ketegangan otot, serta meningkatkan tekanan darah. Terdapat tiga aspek kualitas sumber suara yang menentukan tingkat gangguan yaitu intensitas kebisingan, lamanya kebisingan serta frekuensi kebisingan. Untuk meminimalkan gangguan kebisingan maka aspek yang harus diperhatikan antara lain peletakkan mesin sehingga dapat memasang bahan yang kedap suara, sebisa mungkin mesin atau sumber kebisingan diletakkan jauh dari tempat kerja, memakai bahan kedap suara serta menggunakan alat pelindung diri. Berikut ini merupakan standar tingkat kebisingan :

Tabel 2.3. Standar Kebisingan

No	Tingkat Kebisingan (Dba)	Pemaparan Harian
1.	85	8 jam
2.	88	4 jam
3.	91	2 jam
4.	94	1 jam
5.	97	30 menit
6.	100	15 menit

(Sumber : Kemenkes RI No 1405/Menkes/SK/XI/2002)

f. Getaran Mekanis

Getaran mekanis merupakan guncangan yang diakibatkan oleh suatu alat mekanis. Apabila getaran ini dapat dirasakan oleh karyawan maka akan mengganggu konsentrasi pekerja, membuat kita semakin cepat lelah serta

menimbulkan gangguan terhadap peredaran otot, tulang otot dan syaraf. Berikut ini merupakan standar getaran mekanis :

Tabel 2.4. Standar Getaran Mekanis

No	Frekuensi	Tingkat getaran maksimal (dalam micron = 10^{-6} M)
1	4	< 100
2	5	< 80
3	6,3	< 70
4	8	< 50
5	10	< 50
6	12,5	< 37
7	16	< 32
8	20	< 25
9	25	< 20
10	31,5	< 17
11	40	< 12
12	50	< 8
13	63	< 6

(Sumber : Kemenkes RI No 1405/Menkes/SK/XI/2002)

g. Bau-bauan

Bau-bauan merupakan salah satu pencemaran yang mengganggu konsentrasi kerja. Tindakan yang perlu dilakukan untuk meminimalkan bau-bauan adalah memastikan suatu ruangan memiliki pertukaran udara yang baik, menggunakan air conditioner serta pewangi ruangan, ruang kerja tidak dekat dengan sumber bau atau dapur serta tidak menggunakan bahan yang dapat menimbulkan bau yang menyengat. Berikut ini merupakan tingkat konsentrasi maksimal dari bahan yang menimbulkan bau-bauan :

Tabel 2.5. Parameter Bau-Bauan

No	Parameter	Konsentrasi Maksimal (mg/m ³)
1	Air Raksa	0,1
2	Amonia	35
3	Amonium klorida	10
4	Arsen	0,5
5	Asam asetat	25
6	Asam klorida	7
7	Asam Nitrat	25
8	Asam Sianida	11
9	Asam Sulfida	28
10	Asam Sulfat	1
11	Aseton	2400
12	Butil Alkohol	300
13	Butil Merkaptan	1,5
14	DDT	1
15	Diazinon	0,1
16	Dieldrin	0,25
17	Dimetil Amin	75
18	Etil Alkohol	1900

h. Warna

Warna merupakan salah satu aspek dekorasi. Pemilihan warna tembok pada ruang kerja kita akan mempengaruhi suasana hati kita (senang, sedih dan lain sebagainya). Warna dinding kantor yang cerah akan menimbulkan kesan bersih sedangkan warna gelap menimbulkan kesan kotor.

i. Debu

Debu Merupakan suatu partikel zat padat yang ditumbulkan kekuatan mekanis seperti penghancuran, peledakan, pengolahan dan lain sebagainya. Ketentuan debu diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.PER 13/MEN/X/2011 mengenai batas nilai faktor fisika dan kimia pada lingkungan kerja adalah kadar debu tidak boleh lebih dari 3 mg/m³. Ada pun peraturan batas nilai debu pada Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri yaitu 10 mg/m³ dalam waktu kerja rata-rata 8 jam.