

Monitoring LINGKUNGAN KERJA TEKANAN PANAS/ HEAT STRESS

Dosen : Latar Muhamad Arief, Ir.MSc
Mata kuliah : Higiene Industri (IKK.354)

**Fakultas Ilmu-Ilmu Kesehatan Program Studi Kesehatan Masyarakat,
Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Univ. Esa Unggul**

I. PENGANTAR

Tekanan panas yang mengenai tubuh manusia dapat mengakibatkan berbagai permasalahan kesehatan hingga kematian. Pada musim panas tahun 1995 100 penduduk Chicago meninggal karena gelombang panas di musim panas. Penelitian lain di Amerika menunjukkan terjadi 400 kematian setiap tahun yang diakibatkan oleh tekanan panas (Tom P. Moreau dan Michael Daater, 2005). Dari tahun 1995 hingga 2001 di Amerika juga tercatat ada 21 pemain sepak bola muda meninggal terkena akibat heatstroke (Michael F. Bergeron, 2005). Di Jepang dari tahun 2001-2003 dilaporkan 483 orang tidak masuk kerja selama lebih dari 4 hari karena penyakit akibat panas. Dari 483 tersebut 63 orang meninggal. (Yoshi-ichiro KAMIJO and Hiroshi NOSE, 2006).

II. TEKANAN PANAS YANG MEMPENGARUHI SUHU TUBUH

2.1. Tekanan Panas Dan Dingin

Tekanan panas (*heat stress*) adalah beban iklim kerja yang diterima oleh tubuh manusia dan faktor non-iklim yaitu dari panas metabolisme tubuh, pakaian kerja dan tingkat aklimatisasi. Sedangkan regangan panas (*heat strain*) merupakan efek yang diterima tubuh manusia atas beban tekanan panas tersebut.

Secara umum :

Suhu Tinggi + Kelembaban tinggi + Kerja Fisik = Tekanan Panas.



Gambar .1. Tempat kerja panas

Panas dapat didefinisikan sebagai energi dalam perjalanan dari objek suhu yang tinggi ke objek suhu yang lebih rendah.

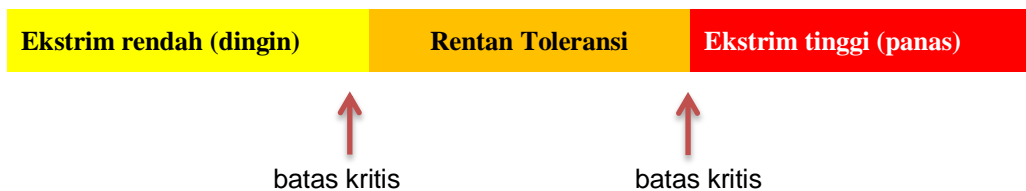
Sedangkan cuaca kerja atau iklim kerja panas adalah kombinasi atau perpaduan antara : (1) suhu udara, (2) kelembaban udara, (3) kecepatan gerakan udara, dan (4) panas radiasi. Kombinasi dari keempat faktor diatas dihubungkan dengan produksi panas, disebut tekanan panas.

Dimana suhu udara diukur dengan termometer dan disebut suhu kering, sedangkan suhu basa dan kelembaban dapat diukur bersama-sama dengan "slings psychrometer" atau arsmann psychrometer"

Tujuan dari identifikasi bahaya tekanan panas yaitu untuk; menghitung indeks tekanan panas melalui pengukuran faktor-faktor eksternal lingkungan yang mempengaruhi tekanan panas, meliputi ; kelembaban, kecepatan angin, suhu kering, suhu basah dan suhu radiasi; untuk melakukan evaluasi terhadap kesehatan pekerja akibat paparan tekanan panas, yaitu melalui pengukuran tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, denyut nadi dan suhu tubuh pekerja.

Kondisi temperatur lingkungan kerja yang ekstrim meliputi panas dan dingin yang berada diluar batas kemampuan manusia untuk beradaptasi. Namun secara umum dapat ditentukan batas kemampuan dan batas toleransi yang diperkenankan untuk manusia beradaptasi, dengan temperatur lingkungan pada kondisi ekstrim dengan menentukan rentang toleransi terhadap temperatur lingkungan kerja

Temperatur lingkungan kerja



Pada temperatur lingkungan tinggi diatas 34°C , dimana pada kondisi ini tubuh mendapat panas dari radiasi dari lingkungan. Sedangkan hal yang sebaliknya terjadi suhu lingkungan rendah (lebih rendah dari dari suhu tubuh norma, 37°C - 38°C , (core body temperature), maka panas tubuh akan keluar. dengan cara penguapan (evaporasi), dan ekspirasi, sehingga tubuh dapat kehilangan panas. Untuk lingkungan panas lihat tabel . .1.

Tabel..1. Kondisi panas pada temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan $^{\circ}\text{F}$

KONDISI PANAS	
37°C (98.6°F)	Suhu tubuh normal ($36\text{-}37.5^{\circ}\text{C}$ / $96.8\text{-}99.5^{\circ}\text{F}$)
38°C (100.4°F)	berkeringat,, sangat tidak nyaman, sedikit lapar
39°C (102.2°F)	berkeringat, kulit merah dan basah, napas dan jantung bedenyut kencang, kelelahan, merangsang kambuhnya epilepsy
40°C (104°F)	Pingsang, dehidrasi, lemahn, sakitkepala, muntah, pening dan berkeringat
41°C (105.8°F)	Keadaan gawat. Pingsan, pening, bingung sakit kepala, halusinasi, , napas sesak, mengantuk mata kabur, , jantung berdebar
42°C (107.6°F)	pucat kulit memerah dan basah, koma, mata gelap, muntah dan terjadi gangguan hebat. tekanan darah menjadi tinggi/rendah dan detak jantung cepat.
44°C (111.2°F) atau more	Hampir dipastikan meninggal namun ada beberapa pasien yang mampu bertahan hingg diatas 46°C (114.8°F)

Untuk pengaturan suhu tubuh dalam keadaan dingin, secara fisik, lihat tabel .2.

Tabel..2. Kondisi dingin pada temperatur °C dan °F

Kondisi Dingin	
37°C (98.6°F)	Suhu tubuh normal (36-37.5°C /96.8-99.5°F)
36°C (96.8°F)	Menggigil ringan hingga sedang
35°C (95.0°F)	(Hipotermia suhu kurang dari 35°C (95.0°F) – menggigil keras, kulit menjadi biru/keabuan. Jantung menjadi berdegup.
34°C (93.2°F)	Menggigil yang sangat keras, jari kaku, kebiruan dan bingung.terjadi perubahan perilaku
33°C (91.4°F)	Bingung sedang hingga parah, mengantuk, dpresi, berhenti menggigil, denyut jantung lemah, napas pendek dan tidak mamapu merespon rangsangan.
32°C (89.6°F)	(kondisi gawat Halusinasi, gangguan hebat, sanagat bingung, tidur yang dalam dan menuju koma, detak jantung rendah , tidak menggigil
31°C (87.8°F)	Comatose, tidak sadar, tidak memiliki reflex, sjantung dnagat lamabatTerjadi gangguan iarama jantung yangs serius
28°C (82.4°F)	Jantung berhenti berdetak pasien menuju kematian
24-26°C (75.2-78.8°F) atau less	Terjadi kematian namun beberapa pasien ada yang mampu bertahan hidup hinggann dibawah 24-26°C (75.2-78.8°F)

2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Suhu Tubuh

Suhu tubuh di pengaruhi oleh factor-faktor antaran lain meliputi; kecepatan metabolisme basal tiap individu, rangsangan saraf simpatis, hormone pertumbuhan (*growth hormone*), hormone tiroid, hormone kelamin, gangguan organ, lingkungan tempat kerja, dan lain-lain .

Kecepatan metabolisme basal

Kecepatan metabolisme basal tiap individu berbeda-beda. Hal ini memberi dampak jumlah panas yang diproduksi tubuh menjadi berbeda pula. Sebagaimana disebutkan pada uraian sebelumnya, sangat terkait dengan laju metabolisme.

Rangsangan saraf simpatis

Rangsangan saraf simpatis dapat menyebabkan kecepatan metabolisme menjadi 100% lebih cepat. Disamping itu, rangsangan saraf simpatis dapat mencegah lemak coklat yang tertimbun dalam jaringan untuk dimetabolisme. Hampir seluruh metabolisme lemak coklat adalah produksi panas. Umumnya, rangsangan saraf simpatis ini dipengaruhi stress individu yang menyebabkan peningkatan produksi epineprin dan norepineprin yang meningkatkan metabolisme.

Hormone pertumbuhan

Hormone pertumbuhan (*growth hormone*) dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme sebesar 15-20%. Akibatnya, produksi panas tubuh juga meningkat.

Hormone tiroid

Fungsi tiroksin adalah meningkatkan aktivitas hampir semua reaksi kimia dalam tubuh sehingga peningkatan kadar tiroksin dapat mempengaruhi laju metabolisme menjadi 50-100% diatas normal.

Hormone kelamin

Hormone kelamin pria dapat meningkatkan kecepatan metabolisme basal kira-kira 10-15% kecepatan normal, menyebabkan peningkatan produksi panas.

Pada perempuan, fluktuasi suhu lebih bervariasi dari pada laki-laki karena pengeluaran hormone progesterone pada masa ovulasi meningkatkan suhu tubuh sekitar 0,3 – 0,6°C di atas suhu basal.

Gangguan organ

Kerusakan organ seperti trauma atau keganasan pada hipotalamus, dapat menyebabkan mekanisme regulasi suhu tubuh mengalami gangguan. Berbagai zat pirogen yang dikeluarkan pada saat terjadi infeksi dapat merangsang peningkatan suhu tubuh. Kelainan kulit berupa jumlah kelenjar keringat yang sedikit juga dapat menyebabkan mekanisme pengaturan suhu tubuh terganggu.

Lingkungan

Suhu tubuh dapat mengalami pertukaran dengan lingkungan, artinya panas tubuh dapat hilang atau berkurang akibat lingkungan yang lebih dingin. Begitu juga sebaliknya, lingkungan dapat mempengaruhi suhu tubuh manusia. Perpindahan suhu antara manusia dan lingkungan terjadi sebagian besar melalui kulit.

Proses kehilangan panas melalui kulit dimungkinkan karena panas diedarkan melalui pembuluh darah dan juga disuplai langsung ke fleksus arteri kecil melalui anastomosis arteriovenosa yang mengandung banyak otot. Kecepatan aliran dalam fleksus arteriovenosa yang cukup tinggi (kadang mencapai 30% total curah jantung) akan menyebabkan konduksi panas dari inti tubuh ke kulit menjadi sangat efisien, dengan demikian, kulit merupakan radiator panas yang efektif untuk keseimbangan suhu tubuh. Suhu tubuh harus dijaga agar tetap berada pada suhu normal agar seluruh organ tubuh dapat bekerja dengan normal. Jika terjadi perubahan core temperature tubuh maka beberapa fungsi organ tubuh akan terganggu. Sistem metabolisme tubuh secara alami dapat bereaksi untuk menjaga kenormalan suhu tubuh seperti dengan keluarnya keringat, menggigil dan meningkatkan/mengurangi aliran darah pada tubuh.

Untuk pengaturan suhu tubuh secara eksternal faktor-faktor yang harus dikontrol yaitu: suhu udara, kelembaban, kecepatan udara, pakaian, aktivitas fisik, radiasi panas dari berbagai sumber panas dan lamanya waktu terpapar panas.

III. PENGARUH TEKANAN PANAS PADA MANUSIA

3.1. Paparan Tekanan Panas Terhadap Efek Kesehatan (Heat Strain)

Untuk itu potensi bahaya yang terdapat di lingkungan kerja dan mendapat perhatian khusus adalah tekanan panas. Tekanan panas berlebih di tubuh baik akibat proses metabolisme tubuh maupun paparan panas dari lingkungan kerja dapat menimbulkan masalah kesehatan (heat strain) dari yang sangat ringan seperti heat rash, heat syncope, heat cramps, heat exhaustion hingga yang serius yaitu heat stroke.

Heat rash

Merupakan gejala awal dari yang berpotensi menimbulkan penyakit akibat tekanan panas. Penyakit ini berkaitan dengan panas, kondisi lembab dimana keringat tidak mampu menguap dari kulit dan pakaian. Penyakit ini mungkin terjadi pada sebagian kecil area kulit atau bagian tubuh. Meskipun telah diobati pada area yang sakit produksi keringat tidak akan kembali normal untuk 4 sampai 6 minggu.

Heat syncope

Adalah gangguan induksi panas yang lebih serius. Ciri dari gangguan ini adalah pening dan pingsan akibat berada dalam lingkungan panas pada waktu yang cukup lama.

Heat cramp

Gejala dari penyakit ini adalah rasa nyeri dan kejang pada kakai, tangan dan abdomen dan banyak mengeluarkan keringat. Hal ini disebabkan karena ketidakseimbangan cairan dan garam selama melakukan kerja fisik yang berat di lingkungan yang panas

Heat exhaustion

Diakibatkan oleh berkurangnya cairan tubuh atau volume darah. Kondisi ini terjadi jika jumlah air yang dikeluarkan seperti keringat melebihi dari air yang diminum selama terkena panas. Gejalanya adalah keringat sangat banyak, kulit pucat, lemah, pening, mual, pernapasan pendek dan cepat, pusing dan pingsan. Suhu tubuh antara (37°C - 40°C)

Heat stroke,

Adalah penyakit gangguan panas yang mengancam nyawa yang terkait dengan pekerjaan pada kondisi sangat panas dan lembab. Penyakit ini dapat menyebabkan koma dan kematian. Gejala dari penyakit ini adalah detak jantung cepat, suhu tubuh tinggi 40° C atau lebih, panas, kulit kering dan tampak kebiruan atau kemerahan, Tidak ada keringat di tubuh korban, pening, menggigil, muak, pusing, kebingungan mental dan pingsan.

Multiorgan-dysfunction syndrome Continuum.

Adalah rangkaian sindrom/gangguan yang terjadi pada lebih dari satu/sebagian anggota tubuh akibat heat stroke, trauma dan lainnya.

Penyakit lain yang bias timbul adalah penyakit jantung, tekanan darah tinggi, gangguan ginjal dan gangguan psikiatri. (Climate Change and Health Office Safe

Environments Programme Health Canada, 2006). Penyakit akibat terpapar panas ini diakibatkan karena naik/turunnya suhu tubuh. Suhu normal tubuh berkisar antara 37-38°C (99 – 100°F) (NCDOOL, 2001).

3.2. Mekanisme Kehilangan Panas Melalui Kulit

Radiasi (R)

Radiasi adalah mekanisme kehilangan panas tubuh dalam bentuk gelombang panas inframerah. Gelombang inframerah yang dipancarkan dari tubuh memiliki panjang gelombang 5 – 20 mikrometer. Tubuh manusia memancarkan gelombang panas ke segala penjuru tubuh. Radiasi merupakan mekanisme kehilangan panas paling besar pada kulit (60%) atau 15% seluruh mekanisme kehilangan panas.

Panas adalah energi kinetik pada gerakan molekul. Sebagian besar energi pada gerakan ini dapat di pindahkan ke udara bila suhu udara lebih dingin dari kulit. Sekali suhu udara bersentuhan dengan kulit, suhu udara menjadi sama dan tidak terjadi lagi pertukaran panas, yang terjadi hanya proses pergerakan udara sehingga udara baru yang suhunya lebih dingin dari suhu tubuh.

Konduksi (KOND)

Konduksi adalah perpindahan panas akibat paparan langsung kulit dengan benda-benda yang ada di sekitar tubuh. Biasanya proses kehilangan panas dengan mekanisme konduksi sangat kecil. Sentuhan dengan benda umumnya memberi dampak kehilangan suhu yang kecil karena dua mekanisme, yaitu kecenderungan tubuh untuk terpapar langsung dengan benda relative jauh lebih kecil dari pada paparan dengan udara, dan sifat isolator benda menyebabkan proses perpindahan panas tidak dapat terjadi secara efektif terus menerus.

Evaporasi (E)

Evaporasi (penguapan air dari kulit) dapat memfasilitasi perpindahan panas tubuh. Setiap satu gram air yang mengalami evaporasi akan menyebabkan kehilangan panas tubuh sebesar 0,58 kilokalori. Pada kondisi individu tidak berkeringat, mekanisme evaporasi berlangsung sekitar 450 – 600 ml/hari.

Hal ini menyebabkan kehilangan panas terus menerus dengan kecepatan 12 – 16 kalori per jam. Evaporasi ini tidak dapat dikendalikan karena evaporasi terjadi akibat difusi molekul air secara terus menerus melalui kulit dan system pernafasan.

Selama suhu kulit lebih tinggi dari pada suhu lingkungan, panas hilang melalui radiasi dan konduksi. Namun ketika suhu lingkungan lebih tinggi dari suhu tubuh, tubuh memperoleh suhu dari lingkungan melalui radiasi dan konduksi. Pada keadaan ini, satu-satunya cara tubuh melepaskan panas adalah melalui evaporasi. Memperhatikan pengaruh lingkungan terhadap suhu tubuh, sebenarnya suhu tubuh actual (yang dapat diukur) merupakan suhu yang dihasilkan dari keseimbangan antara produksi panas oleh tubuh dan proses kehilangan panas tubuh dari lingkungan.

Konveksi (KONV)

Perpindahan panas dengan perantaraan gerakan molekul, gas atau cairan. Misalnya pada waktu dingin udara yang diikat/dilekat pada tubuh akan dipanaskan (dengan melalui konduksi dan radiasi) menjadi kurang padat, naik dan diganti udara yang lebih dingin. Biasanya ini kurang berperan dalam pertukaran panas.

Untuk mempertahankan suhu tubuh, maka :

$$M = K_{\text{ond}} \pm K_{\text{onv}} \pm R - E = 0 \text{ (seimbang)}$$

- M = panas dari metabolisme
 K_{ond} = pertukaran panas secara konduksi
 K_{onv} = pertukaran panas secara konveksi
 R = pertukaran panas secara radiasi
 E = panas oleh evaporasi

IV. STANDART, PROSEDUR DAN REKOMENDASI

Standart, dan prosedur serta rekomensai iklim kerja panas di tempat kerja, ditetapkan berdasarkan :

- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.PER. 13/MEN/X/2011, tentang NAB (Nilai Ambang Batas) Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja.
- Threshold Limit Value (TLV) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH ,2012)

Di Indonesia mengenai kegiatan kerja di industri yang dapat menimbulkan iklim kerja panas, diatur dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.PER. 13/MEN/X/2011, tabel.3

Tabel.3. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.PER. 13/MEN/X/2011, tentang NAB (Nilai Ambang Batas) Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja Lampiran -1, Nomor 1. Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basa dan Bola (ISBB °C)

Pengaturan waktu kerja setiap jam	ISBB (°C)		
	Beban kerja		
	Ringan	Sedang	Berat
75 % - 100 %	31,0	28,0	-
50 % - 75 %	31,0	29,0	27,5
25 % - 50 %	32,0	30,0	29,0
0 %- 25 %	32,0	31,1	30,5

Catatan ,

- Beban kerja ringan membutuhkan kalori 200 Kilo kalori/jam
- Beban kerja sedang membutuhkan kalori lebih dari 200 sampai dengan kurang 350 Kilo kalori/jam
- Beban kerja berat membutuhkan kalori lebih dari 350 sampai dengan kurang 500 Kilo kalori/jam

Menurut Threshold Limit Value (TLV) American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH,2012), standar temperatur lingkungan kerja, seperti pada tabel..4

Tabel- .4. ACGIH, Threshold Limit Value (TLVs) and BEIs, 2012

Alokasi waktu untuk siklus kerja	ISBB ($^{\circ}\text{C}$)			
	Beban kerja			
	Ringan	Sedang	Berat	Sangat Berat
75 % - 100 %	28,0	25,0	-	-
50 % - 75 %	28,5	26,0	24,0	-
25 % - 50 %	29,5	27,0	25,5	24,5
0 % - 25 %	30,0	29,0	28,0	27,0

Sedangkan menurut Zenz,C (1994), menyusun rekomendasi Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Indeks Suhu Basa dan Bola (ISBB $^{\circ}\text{C}$) berdasarkan TLV- ACGIH, seperti tabel. .5

Tabel- .5. Threshold Limit Value (TLV), atau NAB di tempat kerja

% Kerja: istirahat	Beban Kerja (total)		
	Ringan	Sedang	Berat
Kerja terus menerus	30,0	26,7	25,0
75 : 25	30,6	28,0	25,9
50 : 50	31,4	29,4	27,9
25 : 75	32,2	31,1	30,0

Sumber, Zenz,C (1994), *Occupational medicine principles and practical (2nd ED)*, Chicago : Mosby Year Book Medical Publisher. halaman.321

J.M. Harrington & F.S. Gill (1997), menyusun rekomendasi Nilai Ambang Batas Indeks Suhu Basa dan Bola (ISBB) atau Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), seperti tabel.6 .

Tabel..6. Rekomendasi WBGT atau ISBB $^{\circ}\text{C}$, di tempat kerja

	Beban Kerja (total)		
	Ringan	Sedang	Berat
Kerja terus menerus	30	26,7	25,0
75 % kerja, 25 % istirahat	30,6	28,0	25,9
50 % kerja, 50 % istirahat	31,4	29,4	27,9
25 % kerja, 75 % istirahat	32,2	31,1	30,0

Sumber, J.M. Harrington (1997), *Occupational Health*, halalam. 183 Profesor of Occupational Health, Institute of Occupational Health Unversity of Birmingham.

Catatan ,

- Beban kerja ringan membutuhkan kalori : 100 – 200 Kkal/jam
- Beban kerja sedang membutuhkan kalori : > 200 - 350 Kkal/jam
- Beban kerja berat membutuhkan kalori : >350 - 500 Kkal/jam

NAB (Nilai Ambang Batas) ini membatasi pemaparan panas lingkungan kerja 8 jam per-hari terhadap tenaga kerja dengan mempertimbangkan katagori beban kerja dan pembagian waktu kerja –istirahat

V. MONITORING LINGKUNGAN KERJA

Monitoring lingkungan kerja panas dilakukan dengan metode penilaian parameter ISBB (Indeks Suhu Basa dan Bola), dan memperhatikan :

5.1. Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian iklim kerja Indeks Suhu Basa dan Bola dimaksud untuk mengetahui tingkat tekanan panas yang diterima tenaga kerja yang terpapar, agar segera dapat dilakukn langkah-langkah pengendalian, dengan teknologi pengendalian .

5.2. Metode Pengujian

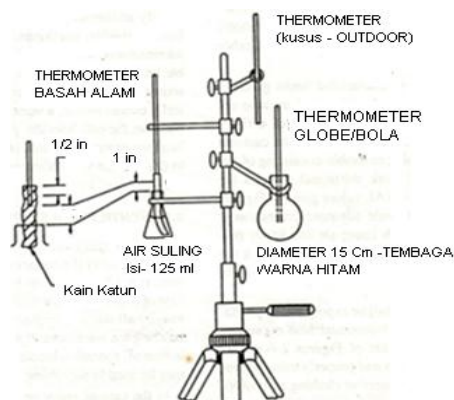
1. Parameter

Dengan pertimbangan dari beberapa parameter yang ada, maka dipilih Indeks Suhu Basa atau Wet Bulb Globe Temperature (WBGT) dan Bola (ISBB), adapau pertimbangan tersebut adalah sebagai berikut :

- Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.PER. 13/MEN/X/2011, tentang NAB (Nilai Ambang Batas) Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja , yang mana NAB ini membatasi pemaparan panas lingkungan kerja 8 jam per-hari terhadap tenaga kerja dengan mempertimbangkan katagori beban kerja dan pembagian waktu kerja – istirahat .
- Semua factor yang mempengaruhi sudah diperhitungkan didalamnya termasuk (suhu udara, kelembaban, kecepatan gerakan udara, radiasi dan tingkat metabolisme)

2. Peralatan

Sesuai dengan faktor-faktor yang memepengaruhi maka diperlukan suatu unit peralatan secara manual, seperti pada gambar.2, yang terdiri dari :



Gambar. 2. Peralatan Pengujian iklim kerja tekanan panas

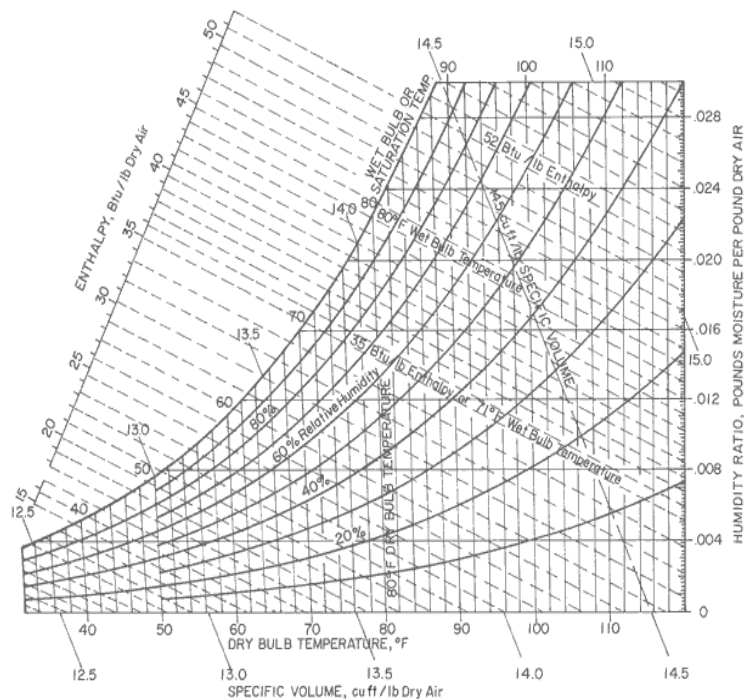
a. Psikometer

Psikometer adalah alat pengukuran kelembaban yang terdiri dari sebuah termometer, kering dan termometer basah yang terangkai dengan suatu kipas yang dapat diatur secara manual atau diputar dan digerakan oleh baterai (motor driven psychometer)

Cara penggunaan ;

Thermometer basah yang dibalut katun pada lambungnya dibasahi dengan air suling (aquades) kemudian kipas diputar, air raksa pada kolom termometer basah akan turun. Pada saat penurunan air raksa mencapai posisi terendah yang menandakan terjadinya keseimbangan antara tekanan parsial uap air pada permukaan katun dan tekanan uap air lingkungan, suhu basa dibaca, kemudian diikuti dengan pembacaan suhu kering pada thermometer kering .

Pengukuran tersebut diulang 3 – 5 kali, nilai suhu basah (S_B) dan suhu kering (S_K) masing-masing adalah nilai rata-rata. Selanjutnya kelembaban relative (R_H) dapat diperoleh dengan bantuan monogram, atau dengan menggunakan psychrometric chart berdasarkan suhu basa dan suhu kering (grafik gambar 8.3)

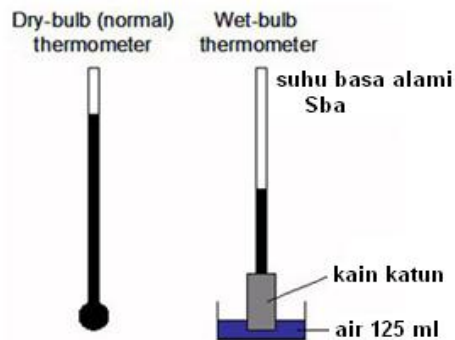


Gambar.3. Psychrometric Chart

b. Thermometer Basah Alami

Thermometer basah alami, adalah alat pengukur suhu basa alami yang terdiri dari thermometer gelas yang lambungnya dibalut dengan kantung

yang bagian bawahnya selalu terendam air suling yang ditempatkan didalam tabung yang mempunyai isi 125 ml (seperti gambar.8.4.)



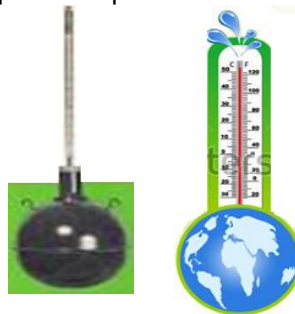
Gambar.4 Wet bulb thermometer

Cara penggunaannya ;

Peralatan yang sudah dirangkai dipaparkan pada lingkungan yang akan diukur selama 30 -60 menit, kemudian air raksa pada kolom dibaca sebagai suhu basah alami (S_{BA})

c. Thermometer Globe/Bola

Thermometer Globe/Bola, adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu bola/globe, alat ini terdiri dari bola berongga dengan diameter 15 cm dibuat dari tembaga serta termometer gelas yang dalam rangkaiannya menempatkan lambung pada titik pusat bola tersebut, (seperti gambar 8.5)



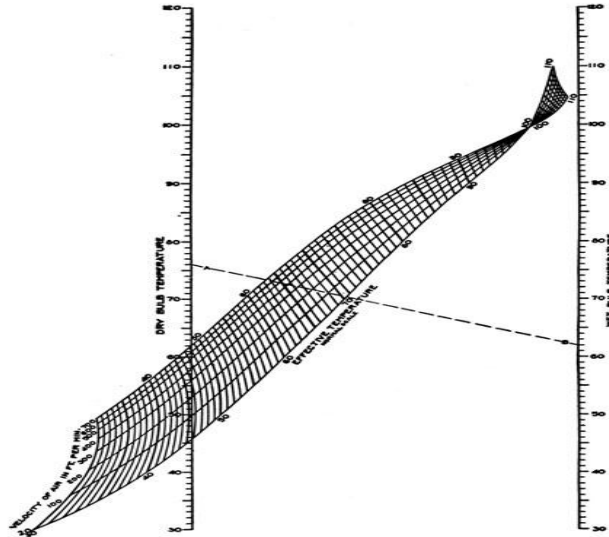
Gambar.5 thermometer globe/bola

Cara penggunaannya ;

Alat yang telah dirangkai, kemudian dipaparkan pada tempat kerja yang akan diukur pemaparan selama 20-30menit, kemudian air raksa pada kolom thermometer dibaca selama suhu globe/bola

d. Kata thermometer

Untuk mengukur kecepatan udara di lingkungan kerja digunakan grafik kata thermometer chart, standard BSI (British Standard, BS 3276, 1960, atau menggunakan grafik effective temperature, seperti terlihat pada grafik gambar.8.6



Gambar.6 . Effective temperature chart showing normal scale of effective temperature, applicable to inhabitants of the United States under the following conditions

Pada saat ini peralatan untuk mengukur temperatur pada lingkungan kerja sudah berkembang sesuai tuntutan kebutuhan teknologi dan mampu mengukur berbagai indicator (misalnya, suhu kering, suhu basah alami, suhu bola, indeks suhu basa dan bola, suhu radiasi, dan kelembaban) secara terintegrasi dalam satu alat atau instrument, seperti terlihat pada gambar.5.36,



Gambar.7.. Area Heat Stress Monitor, fungsingnya untuk mengetahui temperature, humaditu, suhu basah, suhu kering, dan suhu bola/globe WBGT/ISBB- indeks suhu basa dan bola

5.3 Pendekatan Cara Penilaian

Ada beberapa parameter yang digunakan untuk menilai tingkat tekanan panas, setiap parameter mempunyai kelebihan dan kekurangan untuk memilih parameter yang sesuai, disamping harus mempelajari teori terutama faktor-faktor yang sudah diperhitungkan didalamnya, juga perlu pengalaman dalam penerapan dilapangan berdasarkan hal tersebut di pilih Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB).

Perhitungan Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) menggunakan rumus atau dengan membaca monogram yang tersedia, namun kebanyakan para praktisi menggunakan rumus.

1. Rumus dasar Indeks Suhu Basa dan Bola (ISBB) atau Wet Bulb Globe Temperature (WBGT)

Tekanan panas dipengaruhi oleh tingkat radiasi, sehingga dalam perhitungan ada dua jenis rumus Indeks Suhu Basa dan Bola (ISBB) atau Wet Bulb Globe Temperature (WBGT), yaitu :

a. Rumus Yang di Gunakan Dalam Outdoor

Yaitu dengan memperhitungkan radiasi sinar matahari (outdoor), umumnya pengukuran dilakukan diluar gedung, rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$ISBB = 0,7 S_{BA} + 0,2 S_G + 0,1 S_K$$

b. Rumus Yang di Gunakan Dalam Gedung (indoor)

Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$ISBB = 0,7 S_{BA} + 0,3 S_G$$

Keterangan :

ISBB	=	Indeks Suhu Basa dan Bola, dalam $^{\circ}\text{C}$ (derajat celcius)
S_{BA}	=	Suhu Basa Alami, dalam $^{\circ}\text{C}$ (derajat celcius)
S_G	=	Suhu Globe/Bola, dalam $^{\circ}\text{C}$ (derajat celcius)
S_K	=	Suhu Kering, dalam $^{\circ}\text{C}$ (derajat celcius)

2. Rumus Yang di Kembangkan Berdasarkan Perpindahan Lokasi Kerja

Adanya pekerja selamabekerja terpapar pada tingkat tekanan panas yang berbeda-beda, karena harus berpindah lokasi kerja selama jam kerja. Maka ditetapkan tingkat tekana panas rata-rata yang diterima pekerja selama jamkerja (ISBB, rata-rata), rumusnya sebagai berikut :

$$ISBB \text{ rata-rata} = \frac{(ISBB_1)(t_1) + (ISBB_2)(t_2) + \dots + (ISBB_n)(t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Keterangan,

ISBB rata-rata	=	tingkat tekanan panas yang diterima rata-rata selama waktu tertentu .
ISBB ₁	=	tingkat tekanan panas pada lokasi - 1
ISBB ₂	=	tingkat tekanan panas pada lokasi - 2
ISBB _n	=	tingkat tekanan panas pada lokasi - n
t ₁	=	lama waktu paparan pada lokasi - 1
t ₂	=	lama waktu paparan pada lokasi - 2
t _n	=	lama waktu paparan pada lokasi - n

3. Pengukuran Tingkat Aktivitas

Penilaian beban kerja berdasarkan ,

- (i) jenis kerja , dan
 - (ii) posisi kerja dan pergerakan,
- lihat pada table.8.7, dan table. 8.8.

Tabel- 8.7. Penilaian beban kerja berdasarkan posisi kerja dan pergerakan

Posisi Kerja	Kkal/menit
Duduk	0,3
Berdiri	0,6
Berjalan	2,0 – 3,0
Berjalan mendaki	+ 0,8 permeter setiap kenaikan

Tabel.8.8. Penilaian beban kerja dengan jenis kerja

Jenis Kerja	Beban kerja	Rata-rata	Kisaran
		Kkal/menit	Kkal/menit
Pekerjaan dengan tangan	ringan	0,4	0,2 – 1,2
	berat	0,9	
Pekerjaan dengan lengan	ringan	1,0	0,7 – 2,5
	berat	1,8	
Pekerjaan dengan dua lengan	ringan	1,5	1,0 - 3,5
	berat	2,5	
Pekerjaan dengan tubuh	ringan	3,5	
	sedang	5,0	
	berat	7,0	
	sangat berat	9,0	2,5 – 15,0

DAFTAR PUSTAKA

- ACGIH, 2012),
American Conference of Governmental Industrial Hygienists ACGIH, Threshold
Limit Value (TLVs) and BEIs, 2012
- Industrial Environment its Evaluation and Control, Chapter 31. Thermal Standard and
Measurement Techniques
- J.M. Harrington & F.S. Gill (1997),
Occupational Health, Proffesor of Occupational Health , Institute of Occupational
Health University of Birmingham
- Jullian B. Olishifski (1988)
Fundamentals of Industrial Hygiene (3rdED). New Yourk : National Safety Council
.655-666.
- Zenz,C (1994)
Occupational Medicine Principles and Practical (2nd ED), Chicago : Mosby Year
Book Medical Publisher