

BAB 2

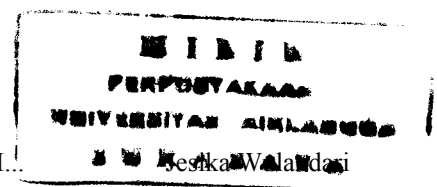
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Hukum

1. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 Pasal 2 ayat 2 huruf 1 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Dalam Tangki Sumur atau Lubang;
2. Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan Pasal 86 ayat 1 huruf a tentang Hak Pekerja Memperoleh Perlindungan Atas Keselamatan dan Kesehatan Kerja;
3. Keputusan Direktur Jenderal Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan Nomor Kep.113/DJPPK/IX/2006 tentang Pedoman dan Pembinaan Teknis Petugas Keselamatan dan Kesehatan Kerja Ruang Terbatas (*Confined Space*);
4. Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja;
5. Standar Nasional Indonesia (SNI) 7269:2009 Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Tingkat Kebutuhan Kalori Menurut Pengeluaran Keringat;
6. Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-0229-1987 Pekerjaan di Dalam Ruang Tertutup.

2.2 Pengertian Ruang Terbatas

Ruang terbatas (*Confined Space*) didefinisikan sebagai setiap ruang atau tempat kerja yang memiliki ventilasi alami yang jelek dan dimana dalam udara atmosfer ruang tersebut terdapat gas atau uap yang mudah terbakar, beracun,



menyebabkan iritasi, atau kadar oksigennya kurang dari 17% atau defisiensi oksigen. Contoh *confined spaces* misalnya, tangki, silo, *digester*, ketel uap (*boiler*), palka kapal, lubang atau terowongan (*pit* atau *tunnel*), saluran air kotor (*sewer*) dan lain-lain (Siswanto,2010). Ciri- ciri ruang terbatas (*confined space*) adalah memiliki ventilasi yang buruk, didesain untuk tidak berada di dalam secara terus menerus, dan memiliki risiko kekurangan oksigen.

National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH) mendefinisikan bahwa ruang terbatas (*confined space*) adalah ruang dengan pintu yang sangat terbatas untuk jalan masuk dan keluar, mempunyai ventilasi udara yang terbatas yang memungkinkan mengandung atau menghasilkan pencemaran udara yang berbahaya, dan tidak dimaksudkan untuk pekerjaan yang terus menerus di dalamnya. Selanjutnya *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), 1996 dalam 29 CFR 1926.21 mendefinisikan bahwa ruang terbatas adalah suatu ruang tertutup yang cukup luas, di mana pekerja dapat masuk ke dalamnya dan melakukan pekerjaan tertentu. Dimana ruang terbatas memiliki beberapa karakteristik, diantaranya yaitu memiliki jalan masuk dan jalan keluar terbatas, tidak dirancang dan ditujukan sebagai tempat bekerja normal dan memiliki ventiasi yang terbatas.

2.3 Bahaya Ruang Terbatas

Bahaya ruang terbatas (*confined space*) menurut Tarwaka (2012) antara lain adalah:

1. Kurangnya kadar oksigen (*oxygen-deficient atmosphere*)

Kadar oksigen pada ruang terbatas kurang dari 19,5% sebaiknya tidak dimasuki tanpa menggunakan alat pelindung yang sesuai, seperti *Self-*

Contained Breathing Apparatus (SCBA). Apabila kadar oksigen turun sampai 16–17%, maka akan meningkatkan volume pernafasan dan memacu denyut jantung. Kadar oksigen antara 14–16% menurunkan koordinasi otot, cepat lelah dan respirasi intermiten. Pada kadar oksigen 6% akan menyebabkan kehilangan kesadaran dan kematian dalam beberapa menit.

Kadar oksigen di dalam ruang terbatas dapat menurun karena pekerjaan yang sedang dilakukan, seperti pengelasan, pemotongan, penempaan dan lain-lain. Selain itu dapat menurun karena reaksi kimia tertentu atau melalui proses bakterisasi atau fermentasi. Kadar oksigen juga dapat menurun jika oksigen dipindahkan atau didesak oleh gas lainnya seperti karbon dioksida atau nitrogen. Pemindahan total oksigen dengan gas lain seperti karbon dioksida akan mengakibatkan pingsan dan bahkan kematian karena kehabisan oksigen.

2. Udara mudah terbakar (*flammable atmospheres*)

Dua hal yang menyebabkan udara mudah terbakar yaitu kadar oksigen di udara dan gas, uap air atau debu yang mudah terbakar dalam campuran komposisi yang cukup. Perbedaan jenis gas mempunyai tingkat kemudahan untuk terbakar. Jika sumber penyalaan seperti peralatan listrik, percikan bunga api dan lain-lain terdapat di dalam suatu ruang yang mengandung udara mudah terbakar, maka akan menyebabkan kebakaran atau peledakan.

Suatu kadar oksigen di udara di atas 21% akan menyebabkan bahan-bahan menjadi mudah terbakar, seperti pakaian dan rumput akan terbakar

apabila mendapat penyalaan. Oleh sebab itu, jangan menggunakan oksigen murni (*pure oxygen*) untuk membuat ventilasi di dalam ruang terbatas.

3. Udara beracun (*toxix atmosphere*)

Sebagian besar bahan-bahan seperti cairan, uap air, gas, kabut, material padat dan debu harus dipertimbangkan sebagai bahan berbahaya di dalam ruang terbatas. Bahan-bahan beracun dapat berasal dari beberapa sebab seperti berikut ini:

a. Penyimpanan produk di dalam ruangan.

Suatu produk dapat diserap ke dalam dinding dan terlepas menjadi gas beracun pada saat dipindahkan kembali atau pada saat pembersihan sisa produk yang disimpan, gas beracun dapat terlepas. Sebagai contoh, pemindahan endapan dari tangki penguraian material tersebut akan dapat melepaskan gas hidrogen sulfida mematikan.

b. Pekerjaan yang sedang dilakukan di ruang terbatas

Pekerjaan-pekerjaan yang dilakukan di ruang terbatas (*confined space*) antara lain adalah pengelasan, pemotongan, penempaan, pengecatan, *scraping*, *sanding*, *degresing* dan lain-lain. Udara beracun biasanya dihasilkan dari berbagai proses. Sebagai salah satu contohnya adalah bahan pelarut (*solvent*) yang digunakan pada banyak industri untuk pembersihan atau pelepasan lemak. Uap air dari bahan pelarut tersebut sangat beracun di dalam ruang terbatas.

c. Area yang berdekatan dengan ruang terbatas

Bahan-bahan yang beracun biasanya dihasilkan dari pekerjaan di area sekitar ruang terbatas yang akan masuk dan terakumulasi di dalam

ruang terbatas tersebut dan mengakibatkan udara di dalamnya sangat berbahaya.

Di samping potensi–potensi bahaya seperti diuraikan sebelumnya, terdapat pula potensi–potensi bahaya fisik yang berkaitan dengan pekerjaan di *confined space*. Antara lain adalah sebagai berikut:

1. Temperatur yang terlalu tinggi (*Temperature extremes*)

Temperatur udara yang sangat panas atau dingin dapat menyebabkan masalah bagi pekerja. Sebagai contoh, apabila ruang terbatas sedang dibersihkan dengan cara penguapan, maka harus didinginkan terlebih dahulu sebelum pekerja memasuki ruang terbatas tersebut.

Temperatur udara ruang terbatas yang terlalu panas akan mengakibatkan pekerja mudah mengalami kelelahan, karena tubuh kehilangan garam dan cairan. Apabila temperatur panas berlebihan, maka suhu tubuh akan meningkat sehingga dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Pada keadaan yang berat, suhu tubuh menjadi sangat tinggi dapat menyebabkan pekerja pingsan sampai dengan kematian.

2. Bahaya tertelan material (*Engulfment hazard*)

Pelepasan butiran material yang disimpan di dalam *bin* dan *hopper* seperti butiran pasir, batu bara atau material sejenisnya dapat meliputi atau menelan pekerja. Material–material tersebut dapat menelan dan membuat mati lemas pekerja yang bekerja di dalamnya.

3. Kebisingan (*Noise*)

Intensitas kebisingan di ruang terbatas dapat diperkuat atau intensitasnya menjadi lebih tinggi karena akustik dan desain yang sempit.

Intensitas kebisingan yang berlebihan tidak hanya merusak pendengaran, namun juga mempengaruhi komunikasi seperti menyebabkan tidak didengarnya tanda peringatan atau tanda bahaya

4. Permukaan lantai yang basah atau genangan air

Terpeleset dan jatuh dapat terjadi pada suatu permukaan kerja yang basah yang dapat menyebabkan cedera pada pekerja. Selain itu permukaan kerja yang basah akan meningkatkan kemungkinan terjadinya sengatan arus listrik pada area dimana digunakan peralatan–peralatan yang menggunakan listrik.

5. Kejatuhan objek (*Falling objects*)

Pekerja yang bekerja di ruang terbatas harus sadar akan kemungkinan kejatuhan objek, khususnya pada ruangan yang menggunakan pintu pembuka dari bagian atas untuk masuk, dan dimana pekerjaan dilakukan di atas pekerja.

2.4 Persyaratan Keselamatan Ruang Terbatas

Persyaratan–persyaratan yang berkaitan dengan pekerjaan yang dilakukan di ruang terbatas (*confined space*) meliputi persyaratan umum, persyaratan khusus dan persyaratan untuk kesehatan orang yang memasuki ruang terbatas (Tarwaka, 2012).

2.4.1 Persyaratan Umum

1. Pengurus wajib melakukan identifikasi dan evaluasi terhadap tempat kerja untuk menentukan apakah terdapat ruang terbatas dengan izin khusus.

2. Jika pada tempat kerja terdapat ruang terbatas dengan izin khusus, maka pengurus wajib menginformasikannya kepada pekerja dengan memasang tanda bahaya atau peralatan lain yang efektif, mengenai keberadaan dan lokasi serta bahaya yang terdapat dalam ruang terbatas yang memerlukan izin khusus tersebut.
3. Jika pengurus memutuskan bahwa pekerja tidak diperbolehkan memasuki ruang terbatas dengan izin khusus, maka pengurus wajib melakukan langkah-langkah untuk mencegah dan melarang pekerja memasuki ruang terbatas tersebut.

2.4.2 Persyaratan Dengan Izin Khusus

1. Jika pengurus memperbolehkan pekerja memasuki ruang terbatas dengan izin khusus, maka pengurus wajib mengembangkan dan mengimplementasikan program tertulis (izin khusus) dan harus diketahui oleh pekerja dan perwakilannya.
2. Persyaratan yang wajib dilakukan untuk memasuki ruang terbatas dengan izin khusus, adalah :
 - a. Jika penutup akses pintu masuk dibuka, maka jalur tersebut harus dipasang selusur, penutup sementara atau penghalang sementara lainnya untuk mencegah masuknya pekerja tanpa disengaja dan untuk melindungi kepala pekerja di dalam ruang terbatas tersebut dari masuknya benda asing ke dalam ruangan.
 - b. Sebelum pekerja memasuki ruang terbatas, udara di dalam ruangan harus diuji terlebih dahulu, berturut-turut untuk kadar oksigen, gas dan uap yang mudah terbakar dan kontaminan yang berpotensi

berbahaya, dengan peralatan yang telah dikalibrasi. Setiap pekerja tersebut, wajib diberi kesempatan mengawasi pengujian tersebut. Jika pemberian ventilasi tidak memungkinkan dan tetap harus memasuki ruang, maka pekerja harus menggunakan alat pelindung diri yaitu respirator yang memadai sesuai dengan kondisi ruang terbatas.

- c. Wajib menyediakan sistem aliran udara secara kontinyu, dengan ketentuan sebagai berikut :
- 1) Pekerja tidak boleh memasuki ruangan sebelum udara berbahaya di dalamnya dibersihkan terlebih dahulu.
 - 2) Aliran udara tersebut diarahkan sedemikian rupa sehingga dapat mencapai area dimana pekerja akan berada dan harus berlangsung terus menerus selama pekerja akan berada di dalam. Pengaturan aliran udara tersebut harus diperoleh dari sumber yang bersih dan tidak boleh meningkatkan bahaya dalam ruangan. Ventilasi dapat diperoleh melalui difusi mekanik dengan penggunaan *blower dan fan*.
 - 3) Udara dalam ruangan harus diuji secara berkala sesering mungkin untuk memastikan bahwa pengaturan aliran udara dapat mencegah akumulasi udara yang berbahaya dalam ruangan. Setiap pekerja yang memasuki ruangan, atau perwakilan pekerja tersebut, wajib diberi kesempatan untuk mengamati proses pengujian tersebut.

- 4) Jika ternyata terdeteksi udara berbahaya di ruang terbatas selama kegiatan berlangsung, maka
 - a) Setiap pekerja harus meninggalkan ruangan terbatas tersebut secepatnya.
 - b) Ruangan harus dievaluasi untuk menentukan bagaimana udara berbahaya tersebut dapat terjadi, dan
 - c) Harus dilakukan pemeriksaan untuk melindungi pekerja dari udara berbahaya tersebut sebelum kegiatan berikutnya berlangsung.
- 5) Pengurus wajib memastikan bahwa ruang tersebut telah aman dan telah dilakukan pemeriksaan sebelum kegiatan berlangsung melalui pernyataan tertulis, yang memuat tanggal, lokasi ruang dan tanda tangan petugas pemeriksa. Pernyataan tertulis tersebut harus dibuat sebelum kegiatan berlangsung dan dapat dilihat oleh pekerja yang akan melakukan kegiatan dalam ruang tersebut, atau perwakilan pekerja tersebut.
3. Jika terdapat perubahan pada penggunaan atau konfirmasi ruang terbatas tanpa izin khusus yang mungkin meningkatkan bahaya pada pekerja di dalamnya pengurus wajib melakukan evaluasi ulang terhadap ruang tersebut, dan bila perlu mengklasifikasikannya sebagai ruang terbatas dengan izin khusus.
4. Ruang yang diklasifikasikan sebagai ruang terbatas dengan izin khusus oleh pengurus, dapat diklasifikasikan kembali sebagai ruang terbatas tanpa izin khusus dengan persyaratan berikut :

- a. Jika ruang terbatas dengan izin khusus tersebut tidak mengandung udara berbahaya, dan jika bahaya di dalamnya telah dieliminasi tanpa perlu masuk ke dalam ruangan tersebut, ruang tersebut dapat diklasifikasikan kembali sebagai ruang terbatas tanpa izin khusus selama tetap tidak terdapat udara berbahaya di dalamnya.
- b. Jika dirasakan perlu untuk memasuki ruang tersebut untuk menghilangkan bahaya di dalamnya, kegiatan tersebut harus dilakukan sesuai prosedur kerja aman. Jika pengujian dan pemeriksaan selama kegiatan membuktikan bahwa bahaya dalam ruang tersebut dapat diklasifikasikan kembali sebagai ruang terbatas tanpa izin khusus selama tetap tidak terdapat bahaya di dalamnya.
- c. Pengurus wajib mendokumentasikan dasar penentuan bahwa seluruh bahaya dalam ruang terbatas dengan izin khusus telah dihilangkan, melalui sertifikasi yang memuat tanggal, lokasi ruang dan tanda tangan petugas yang membuat penentuan tersebut. Sertifikasi tersebut dapat dibaca oleh seluruh pekerja yang memasuki ruang tersebut atau oleh perwakilan pekerja.
- d. Jika bahaya timbul dalam ruang terbatas dengan izin khusus yang telah diklasifikasikan sebagai ruang terbatas tanpa izin khusus, seluruh pekerja wajib meninggalkan ruangan. Pengurus wajib mengevaluasi kembali ruang tersebut dan menentukan apakah ruang tersebut harus diklasifikasikan kembali sebagai ruang terbatas dengan izin khusus.

2.4.3 Persyaratan Kesehatan Pekerja yang Memasuki Ruang Terbatas

Bekerja di ruang terbatas dapat memberikan tekanan fisik dan psikologis bagi pekerja. Hal ini dikarenakan kualitas penerangan yang buruk dan ruangan yang sempit, dapat menyebabkan gangguan penglihatan dan keseimbangan karena menurunnya fungsi koordinasi dan peredaran darah yang tidak normal. Pengurus wajib memastikan petugas yang bekerja di ruang terbatas dalam keadaan sehat secara fisik dan dinyatakan oleh dokter pemeriksa kesehatan kerja bahwa petugas tersebut tidak mempunyai riwayat:

1. Sakit sawan atau epilepsi;
2. Penyakit jantung atau gangguan jantung;
3. Asma, bronchitis atau sesak napas apabila kelelahan;
4. Gangguan pendengaran;
5. Sakit kepala seperti migrain ataupun vertigo yang dapat menyebabkan disorientasi;
6. Klaustropobia, atau gangguan mental lainnya;
7. Gangguan atau sakit tulang belakang;
8. Kecacatan penglihatan permanen;
9. Penyakit lainnya yang dapat membahayakan keselamatan selama bekerja di ruang terbatas.

2.5 *Heat Stress*

Tekanan panas atau *heat stress* adalah batasan kemampuan penerimaan panas yang diterima tenaga kerja dari kontribusi kombinasi metabolisme tubuh akibat melakukan pekerjaan dan faktor lingkungan seperti temperatur udara,

kelembapan, pergerakan udara radiasi dan pakaian yang digunakan (ACGIH, 2011)

Menurut Santoso (2004), tekanan panas (*heat stress*) adalah beban iklim kerja yang diterima oleh tubuh manusia. Tekanan panas adalah kombinasi dari suhu udara, kelembapan udara, kecepatan udara dan suhu radiasi yang dihubungkan dengan produksi panas oleh tubuh (Suma'mur, 2009).

Dalam bukunya yang berjudul *Occupational Safety and Health for Technologist, Engineer, and Managers*, David Goetsch (2008) mengemukakan bahwa:

“Heat stress is the heat load to which a worker may be exposed from the combined contributions of metabolic effect to work, environmental factors (i.e., air temperature, humidity, air movement, and radiant heat exchange) and clothing requirements. A mild or moderate heat stress may cause discomfort and may adversely affect performance and safety, but it is not harmful to health”

Menurut Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja pasal 1 ayat 13 menyatakan bahwa:

“Iklim kerja adalah hasil perpaduan antara suhu, kelembapan, kecepatan gerakan udara dan panas radiasi dengan tingkat pengeluaran panas dari tubuh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaannya”.

Istilah iklim kerja dan tekanan panas (*heat stress*) mempunyai interpretasi yang sama yaitu merupakan kombinasi diantara suhu udara, kelembapan udara, kecepatan udara dan suhu radiasi. Interpretasi yang sama sehingga memudahkan, selanjutnya mempergunakan istilah tekanan panas (*heat stress*).

Kemampuan manusia beradaptasi dengan temperatur lingkungan secara umum dilihat dari perubahan suhu tubuh. Manusia dianggap mampu beradaptasi

dengan temperatur lingkungan bila perubahan suhu tubuh tidak terjadi atau perubahan suhu tubuh yang terjadi masih pada rentang yang aman. Sebagaimana diketahui bahwa suhu tubuh atau *core body temperature* harus berkisar 37–38°C (Hendra, 2009).

Apabila suhu lingkungan tinggi (lebih tinggi daripada suhu tubuh normal), maka akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu tubuh karena tubuh menerima panas dari lingkungan, sedangkan hal yang sebaliknya terjadi, yaitu bila suhu lingkungan rendah (lebih rendah daripada suhu tubuh normal). Maka panas tubuh akan keluar melalui evaporasi dan ekspirasi sehingga tubuh dapat mengalami kehilangan panas (Hendra, 2009)

Tubuh manusia dapat menyesuaikan diri dengan temperatur luar jika perubahan temperatur luar yang terjadi tidak lebih dari 20% untuk suhu panas dan 35% untuk suhu dingin, semuanya dari keadaan normal tubuh. Batas toleransi untuk suhu tinggi adalah 35°C–40°C, kecepatan gerakan udara 0,2 m/detik, kelembapan udara 40%-50% dan perbedaan suhu permukaan 40°C.

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja, Nilai Ambang Batas (NAB) iklim kerja berdasarkan nilai Indeks Suhu Basah dan Suhu Bola (ISBB) dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 2.1 Nilai Ambang Batas Iklim Kerja Lingkungan Panas Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011

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 %	32,2	31,1	30,5

Sumber: Lampiran I Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 13 Tahun 2011

Catatan:

1. Beban kerja ringan membutuhkan kalori sampai dengan 200 kkal per jam
2. Beban kerja sedang membutuhkan kalori lebih dari 200 sampai dengan kurang dari 350 kkal per jam
3. Beban kerja berat membutuhkan kalori lebih dari 350 sampai dengan kurang dari 500 kkal per jam

2.6 Beban Kerja

Beban kerja menurut Hart dan Staveland 1988 dalam Tarwaka (2011), merupakan sesuatu yang muncul dari interaksi antara tuntutan tugas-tugas, lingkungan kerja dimana digunakan sebagai tempat kerja, ketrampilan, perilaku, dan persepsi dari pekerja. Setiap pekerjaan apapun jenisnya baik memerlukan otot atau pemikiran merupakan beban bagi pekerjanya. Beban tersebut bisa fisik, mental, atau sosial. Seorang tenaga kerja memiliki kemampuan tersendiri dalam hubungannya dengan beban kerja, mungkin diantara mereka lebih cocok untuk beban fisik, mental atau sosial, namun merkea hanya mampu memikul beban sampai pada batas tertentu, bahkan ada beban yang dirasa optimal bagi seseorang.

Dengan demikian penempatan tenaga kerja harus tepat di bidang pekerjaan dan tempatnya (Suma'mur, 2009).

Ada dua macam metode pengukuran beban kerja yaitu pengukuran secara tidak langsung dan pengukuran secara langsung. Pengukuran beban secara tidak langsung biasanya dilakukan dengan mengukur berat dan ringan beban fisik secara subyektif, denyut nadi dan aktivitas kerja. Pengukuran beban kerja secara tidak langsung dapat dilakukan dengan menggunakan kalorimeter (Tarwaka, 2004).

Beban kerja adalah beban yang dirasakan setiap pekerja saat melaksanakan pekerjaannya. Sedangkan panas yang diakibatkan oleh metabolisme sangat bergantung pada kegiatan tubuh manusia.

Menurut SNI 13-7269-2007 Tentang Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Tingkat Kebutuhan Kalori Menurut Pengeluaran Energi, beban kerja adalah beban yang dialami oleh tenaga kerja sebagai akibat pekerjaan yang dilakukan olehnya. Prosedur penilaian beban kerja berdasarkan tingkat kebutuhan kalori menurut pengeluaran energi adalah (SNI 13-7269-2007) :

1. Mengukur berat badan tenaga kerja;
2. Mengamati aktivitas tenaga kerja (kategori pekerjaan dan posisi badan)
3. Menghitung dan mencatat waktu aktivitas tenaga kerja dengan menggunakan *stop watch* dan menilai beban kerja setiap aktivitas tenaga kerja dengan menggunakan Tabel 2.2
4. Menghitung rerata beban kerja berdasarkan tingkat kebutuhan kalori menurut pengeluaran energi dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rerata BK} = \frac{(\text{BK1XT1}) + (\text{BK2XT2}) + \dots + (\text{BK}_n\text{XT}_n)}{(T1 + T2 + \dots + T_n)} \times 60 \text{ kkal per jam}$$

Metabolisme basal untuk laki – laki = berat badan (kg) x 1 kkal per jam

Metabolisme basal untuk wanita = berat badan (kg) x 0.9 kkal per jam

Total BK = Rerata BK + MB

Keterangan:

BK = Beban kerja per jam

BK1, BK2, BK_n = Beban kerja sesuai aktivitas tenaga kerja

T1, T2, T_n = Waktu sesuai aktivitas tenaga kerja (menit)

MB = Metabolisme Basal

Tabel 2.2 Perkiraan Beban Kerja Menurut Pengeluaran Energi Berdasarkan SNI 13-7269-2007

Pekerjaan	Posisi Badan			
	Duduk 0,3	Berdiri 0,6	Berjalan 3,0	Berjalan Mendaki 3,8
Pekerjaan dengan tangan				
Kategori I (contoh: menulis, merajut)	0,30	0,60	0,90	3,30
Kategori II (contoh: menyetrika)	0,70	1,00	1,30	3,70
Kategori III (contoh: mengetik)	1,10	1,40	1,70	4,10
Pekerjaan dengan satu tangan				
Kategori I (contoh: menyapu lantai)	0,90	1,20	1,50	3,90
Kategori II (contoh: menggergaji)	1,60	1,90	2,20	4,60
Kategori III (contoh: memukul paku)	2,30	2,60	2,90	5,30
Pekerjaan dengan dua lengan				
Kategori I (contoh: mengemas barang dalam dus)	1,25	1,55	1,85	4,25
Kategori II (contoh: memompa, menempa besi)	2,25	2,55	2,85	5,25
Kategori III (contoh: mendorong kereta bermuatan)	3,25	3,55	3,85	6,25
Pekerjaan dengan menggunakan gerakan tangan				
Kategori I (contoh: pekerjaan administrasi)	3,75	4,95	4,35	6,75
Kategori II (contoh: mengepel, membersihkan karpet)	8,75	9,05	9,35	11,75
Kategori III (contoh: menggali lubang, menebang pohon)	13,75	14,05	14,35	16,75

Sumber: Lampiran A dalam SNI 13-7269-2007

2.7 Komponen Pengukuran Temperatur Lingkungan

Pengukuran temperatur lingkungan dilakukan dengan mengukur komponen temperatur yang terdiri dari suhu kering, suhu basah alami, dan suhu radiasi. Disamping itu juga perlu dilakukan pengukuran terhadap kelembapan udara relatif dan kecepatan angin. Temperatur lingkungan umumnya dinyatakan dalam *Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)* atau juga dikenal dengan Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB) (ACGIH, 2001).

Komponen dari iklim kerja atau *heat stress* adalah sebagai berikut (ACGIH, 2001):

1. Suhu Kering (*Dry Bulb Temperature*)

Suhu kering adalah suhu udara lingkungan tanpa adanya pengaruh dari radiasi yang ditunjukkan oleh suatu termometer yang akurat setelah panas radiasi yang dapat mempengaruhi hasil pembacaan dikoreksi.

2. Suhu Basah Alami (*Natural Wet Bulb Temperature*)

Suhu basah alami adalah suhu yang menunjukkan bahwa udara telah jenuh dengan uap air. Pengukuran suhu basah alami dilakukan dengan menggunakan termometer yang dilengkapi dengan kain katun yang bersih dan diberi air yang telah disuling atau didistilasi.

3. Kelembapan udara (*Humidity*)

Kelembapan udara adalah kandungan uap air dalam udara. Pengukuran kelembapan udara penting dilakukan karena merupakan salah satu faktor kunci dari iklim yang mempengaruhi proses perpindahan panas dari tubuh dengan lingkungan melalui evaporasi. Kelembapan yang tinggi menyebabkan proses evaporasi menjadi rendah. Kelembapan dibedakan

menjadi kelembapan absolut dan kelembapan relatif atau nisbi. Kelembapan absolut adalah berat uap air per unit volume udara (gram uap air per liter udara). Sedangkan kelembapan nisbi atau relative adalah rasio dari banyaknya uap air dalam udara pada suatu temperatur terhadap banyaknya uap air pada saat udara telah jenuh dengan uap air pada temperature tersebut, yang dinyatakan dalam bentuk %.

4. Kecepatan Udara (*Air Movement*)

Kecepatan aliran udara adalah kecepatan angin yang bergerak pada tempat kerja. Kecepatan angin sangat penting perannya dalam proses pertukaran panas antara tubuh dan lingkungan khususnya melalui proses konveksi dan evaporasi. Kecepatan angin umumnya dinyatakan dalam *feet per minute* (fpm) atau *meter per second* (m/sec).

5. Suhu Bola (*Globe Temperature*)

Suhu bola merupakan suhu dari radiasi inframerah yang merupakan gelombang elektromagnetik yang terdapat di lingkungan kerja.

2.8 Mekanisme Pertukaran dan Keseimbangan Panas Tubuh

Suhu tubuh manusia dipertahankan hampir menetap oleh suatu sistem pengaturan suhu (*thermoregulatory system*). Suhu menetap adalah akibat keseimbangan antara panas yang dihasilkan oleh tubuh dan pertukaran panas di antara tubuh dan lingkungan sekitar (Suma'mur, 2009).

Suhu tubuh dalam keadaan normal dan sedang istirahat akan tetap. Hal ini adalah akibat adanya keseimbangan antara panas yang dihasilkan oleh tubuh dan panas lingkungan sekitar, panas dalam tubuh dikurangi melalui permukaan kulit (Suma'mur, 2009).

Menurut Suma'mur (2009), suhu nikmat adalah sekitar 24–26°C bagi orang Indonesia, namun pada umumnya orang Indonesia mampu beraklimatisasi dengan iklim tropis yang suhunya sekitar 29-30 °C. Pada suhu ini pekerja dapat bekerja dengan optimal, apabila suhu dinaikkan atau diturunkan maka akan terjadi penurunan produktivitas. Lingkungan yang sangat panas atau sangat dingin akan menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia.

Terjadinya proses pemindahan panas dari dalam tubuh ke lingkungan akan menjadi hal yang sangat penting dalam usaha mempertahankan suhu tubuh agar tetap konstan. Panas dari dalam tubuh akan dibawa oleh darah menuju kulit kemudian dipindahkan ke lingkungan luar melalui proses konduksi, konveksi, radiasi dan penguapan atau evaporasi (Guyton & Hall, 2000). Faktor yang dapat menyebabkan pertukaran panas diantara tubuh dengan lingkungan luar meliputi konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi (Guyton & Hall, 2000).

1. Konduksi

Konduksi yaitu perpindahan panas antara tubuh dan benda sekitar melalui sentuhan kontak. Pertukaran secara konduksi terjadi pada kontak tubuh dengan udara, cairan, atau padat. Udara merupakan suatu konduktor yang kurang baik sehingga dalam rumus persamaan keseimbangan panas tidak ikut diperhitungkan. Namun, peranan konduksi tidak dapat diabaikan bila kulit kontak dengan logam, karena logam umumnya konduktor baik.

Apabila terjadi perpindahan panas dari kulit ke udara, maka supaya perpindahan panas dari tubuh tetap dapat berlangsung maka temperature udara harus lebih dingin dari suhu kulit (Soeripto, 2008).

2. Konveksi

Konveksi adalah proses pertukaran panas dari tubuh dengan lingkungan melalui kontak udara dengan tubuh. Faktor yang mempengaruhi proses konveksi ini adalah perbedaan suhu kulit dan suhu udara sekitarnya serta kecepatan aliran udara atau angin.

3. Radiasi

Radiasi adalah pertukaran panas tubuh dengan lingkungan melalui radiasi gelombang elektromagnetik. Pertukaran panas dengan cara radiasi antara tubuh dan benda sekitarnya yakni dengan cara menyerap atau memancarkan panas. Pertukaran panas dengan cara demikian, tidak dipengaruhi oleh suhu dan kecepatan aliran udara, tetapi dipengaruhi oleh perbedaan suhu kulit dan suhu dari benda padat yang berada di sekitar tubuh. Panas yang diakibatkan metabolisme sangat tergantung dari kegiatan tubuh.

Radiasi merupakan mekanisme kehilangan panas paling besar pada kulit yaitu sebesar 60% seluruh mekanisme kehilangan panas. Panas adalah energi kinetik pada gerakan molekul. Sebagian besar energi pada gerakan ini dapat dipindahkan ke udara apabila suhu udara lebih dingin dari kulit. Sekali suhu udara bersentuhan dengan kulit, suhu udara menjadi sama dan tidak terjadi lagi pertukaran panas.

4. Evaporasi

Evaporasi adalah proses pertukaran panas tubuh dengan lingkungan melalui penguapan keringat. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi banyaknya penguapan keringat yaitu kecepatan aliran udara dan perbedaan

tekanan uap air pada suhu kulit dan tekanan parsial uap air dalam udara atmosfer (Siswanto, 1991).

Penguapan keringat oleh tubuh akan terganggu apabila suhu dan kelembapan udara lingkungan sekitarnya sangat tinggi (*Hot Humid Environment*) karena udara telah jenuh dengan uap air. Sebagai akibat dari terganggunya evaporasi ini, maka suhu tubuh akan meningkat. Cara tubuh dalam mempertahankan suhu tubuhnya agar selalu normal yaitu 37°C adalah sebagai berikut (Siswanto, 1991):

- a. Peningkatan aliran darah ke kulit;
- b. Pengeluaran keringat;
- c. Peningkatan produksi panas oleh tubuh dengan cara menggigil apabila suhu udara di lingkungan sekitar tubuh rendah.

2.9 Respon Fisiologis Tubuh Terhadap Tekanan Panas

Heat strain adalah reaksi fisiologis tenaga kerja oleh karena peningkatan temperatur udara di luar *comfort zone*. *Heat strain* ditandai dengan meningkatnya suhu tubuh >38°C. (Siswanto, 1991). Reaksi fisiologis yang terjadi seperti vasodilatasi, denyut jantung meningkat, temperatur kulit meningkat, dan suhu inti tubuh yang pada awalnya menurun menjadi meningkat. Selanjutnya apabila pemaparan panas terus berlanjut, maka resiko terjadinya gangguan kesehatan akan meningkat. Reaksi fisiologis akibat pemaparan panas yang berlebihan juga dapat menyebabkan penurunan berat badan (Bernard, 2000). Beberapa indeks yang digunakan untuk menentukan besarnya respon fisiologis terhadap tekanan panas, antara lain adalah (Siswanto, 1991):

2.9.1 Pengeluaran Keringat

Respon tubuh terhadap tekanan panas dapat dilihat dari banyaknya keringat yang dihasilkan oleh tubuh. Banyak keringat akan ditentukan oleh jumlah kelenjar keringat yang aktif dan banyaknya keringat yang diproduksi oleh kelenjar keringat tersebut. Seseorang yang telah beraklimatisasi dapat mengeluarkan keringat sebanyak 1–1,5 kg per jam dan keadaan ini berlangsung sampai beberapa jam. Keringat menetes pada permukaan kulit apabila intensitas keringat telah melampaui 1/3 dari kapasitas evaporasi maksimal (Siswanto, 1991).

Menurut Siswanto (1991), satu gram keringat dapat mengeliminasi panas tubuh sebanyak 0,58 kkal dan banyak keringat yang menguap akan ditentukan oleh perbedaan antara tekanan uap air pada kulit dan tekanan parsial uap air yang terdapat dalam udara atmosfer. Apabila udara suatu ruang telah jenuh terhadap uap air maka penguapan keringat tidak berlangsung lagi sehingga suhu tubuh akan meningkat dan produksi keringat akan terganggu apabila suhu tubuh meningkat hingga 1,2°C. Oleh sebab itu, suhu tubuh dari pekerja yang terpapar panas diusahakan agar tidak melebihi batas aman yaitu 38°C.

2.9.2 Peningkatan Suhu Tubuh

Manusia mempunyai komponen dalam menjaga keseimbangan energi dan keseimbangan suhu tubuh pada kisaran $37,0 \pm 2^\circ\text{C}$, diantaranya adalah hipotalamus, asupan makanan, kelenjar keringat, pembuluh darah kulit dan otot rangka. Pemakaian energi oleh tubuh menghasilkan panas yang penting dalam pengaturan suhu tubuh. Manusia dapat hidup di beberapa wilayah dengan suhu yang berbeda, oleh karena itu mereka harus terus menerus mengatur panas

internal untuk mempertahankan suhu tubuh, karena kecepatan reaksi kimia sel bergantung pada suhu tubuh (Suma'mur, 2009).

Pelepasan suhu tubuh dan lingkungan sekitar selalu terjadi pertukaran panas. Proses pertukaran panas tergantung dari suhu lingkungan. Suhu tetap akibat adanya keseimbangan panas antara panas yang dihasilkan tubuh akibat proses metabolisme dengan panas yang ada di lingkungan (Suma'mur, 2009). Hal ini disebabkan oleh adanya sistem pengatur suhu, yang dikendalikan oleh hipotalamus (Guyton, 2000)

Suhu tubuh normal manusia mulai dari 36°C – 37°C . Apabila diukur melalui *rectal* nilainya sekitar $0,6^{\circ}\text{C}$ lebih tinggi dari pada suhu *oral* (Ganong, 2001). Suhu tubuh normal manusia di ukur melalui *oral* sekitar 37°C . Apabila suhu tubuh sampai dibawah 35°C atau meningkat hingga $40,6^{\circ}\text{C}$ maka beberapa reaksi kimia dan aktivitas enzim dalam tubuh akan terganggu dan kematian terjadi apabila suhu tubuh menurun hingga dibawah 27°C atau meningkat hingga diatas 42°C (Siswanto, 1991)

Beberapa cara pengukuran suhu tubuh, meliputi (Liana, 2012) :

1. *Oral* (sublingual), yaitu mengukur suhu tubuh melalui mulut.

Keuntungan:

- a. Mudah dijangkau dan tidak membutuhkan perubahan posisi;
- b. Nyaman bagi pasien;
- c. Memberi pembacaan suhu permukaan yang akurat.

Kerugian:

- a. Tidak boleh dilakukan pada pasien yang bernafas lewat mulut;

- b. Tidak boleh dilakukan pada pasien yang mengalami bedah oral, trauma oral, riwayat epilepsi, atau gemetar karena kedinginan;
 - c. Tidak boleh dilakukan pada pasien konfusi, tidak sadar atau tidak kooperatif;
2. *Axila*, yaitu mengukur suhu tubuh melalui ketiak.

Keuntungan:

- a. Aman dan non-invasif;
- b. Cara yang lebih disukai pada pasien yang tidak kooperatif.

Kerugian:

- a. Waktu pengukuran lama;
 - b. Memerlukan bantuan perawat untuk mempertahankan posisi klien.
3. *Rectal*, yaitu mengukur suhu tubuh melalui *rectum* atau dubur.

Keuntungan:

- a. Terbukti lebih dapat diandalkan bila suhu oral tidak dapat diperoleh;
- b. Menunjukkan suhu inti

Kerugian:

- a. Tidak boleh dilakukan pada klien yang mengalami bedah rektal, kelainan rektal, nyeri pada area rektal, atau cenderung pendarahan;
- b. Memerlukan perubahan posisi dan dapat merupakan sumber rasa malu dan asietas pasien;
- c. Risiko terpajan cairan tubuh;
- d. Memerlukan lubrikasi.

4. Membran timpani, yaitu mengukur suhu tubuh melalui telinga (jarang dipakai).

Keuntungan:

- a. Tempat mudah dicapai;
- b. Perubahan posisi yang dibutuhkan minimal;
- c. Memberi pembacaan inti yang akurat;
- d. Waktu pengukuran sangat cepat (2-5 detik).

Kerugian:

- a. Pasien yang memakai alat bantu dengar, harus mengeluarkan alat bantu dengar sebelum pengukuran;
- b. Tidak boleh dilakukan pada klien yang mengalami bedah telinga atau membran timpani;
- c. Membutuhkan pembungkus *probe* sekali pakai;
- d. Impaksi serumen dan otitis media dapat mengganggu pengukuran suhu.

2.9.3 Berat Badan

Penurunan berat badan pada pekerja diakibatkan karena pengeluaran keringat (Suma'mur, 2009). Penurunan berat badan sebesar 1,4% dapat ditolerir oleh pekerja tanpa menimbulkan pengaruh yang serius. Kehilangan air sebanyak 1,5 kg atau lebih selama bekerja dapat mengakibatkan naiknya denyut nadi dan suhu tubuh, rasa haus dan ketidak nyamanan. Apabila tubuh kehilangan air sebanyak 2–4 kg (3–6% dari berat badan), maka keadaan ini dapat menyebabkan gangguan dalam melakukan pekerjaan (Siswanto, 1991).

2.9.4 Denyut Nadi

Denyut nadi adalah frekuensi irama denyut atau detak jantung yang dapat dipalpasi atau diraba di permukaan kulit pada tempat tertentu. Pada jantung manusia normal, setiap denyut berasal dari noddus SA (irama sinus normal) dan NSR (*Normal Sinus Rhythm*). Waktu istirahat, jantung berdenyut kira-kira 70 kali, kecepatannya berkurang dalam waktu tidur dan bertambah karena emosi, kerja, demam dan banyak rangsangan lainnya. Denyut nadi seseorang akan terus meningkat apabila suhu tubuh meningkat kecuali apabila tenaga kerja yang bersangkutan telah beraklimatisasi terhadap suhu udara yang tinggi (Siswanto, 1991).

Denyut jantung adalah jumlah denyutan jantung per satuan waktu, biasanya dalam satuan menit. Denyut jantung didasarkan pada jumlah kontraksi ventrikel (bilik bawah jantung). Denyut jantung mungkin terlalu cepat (takikardia) atau terlalu lambat (bradikardia). Denyut nadi adalah denyutan arteri dari gelombang darah yang mengalir melalui pembuluh darah sebagai akibat dari denyutan jantung. Denyut nadi sering diambil di pergelangan tangan untuk memperkirakan denyut jantung.

Denyut jantung yang optimal untuk setiap individu berbeda-beda tergantung pada kapan waktu dilaksanakannya pengukuran denyut jantung tersebut, pada saat istirahat atau beraktivitas. Variasi dalam denyut jantung sesuai dengan jumlah oksigen yang diperlukan oleh tubuh saat itu. Denyut jantung atau juga dikenal dengan denyut nadi adalah tanda penting dalam bidang medis yang bermanfaat untuk mengevaluasi dengan cepat kesehatan atau mengetahui kebugaran seseorang secara umum.

Denyut jantung seseorang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya yaitu beban fisik dan beban tambahan misalnya tekanan panas. Denyut jantung akan terus meningkat jika suhu tubuh meningkat, kecuali apabila pekerja telah beraklimatisasi terhadap suhu yang tinggi. Reaksi denyut jantung berlangsung cepat dan berbanding lurus dengan menggunakan energi atau peningkatan beban kerja pada berbagai jenis pekerjaan. Denyut jantung maksimum untuk orang dewasa adalah 180–200 denyut per menit dan keadaan ini biasanya hanya dapat berlangsung dalam waktu beberapa menit saja. Faktor yang dapat mempengaruhi denyut jantung adalah beban kerja, jenis kelamin, umur, keadaan fisik, suhu serta kondisi psikologis pekerja.

Denyut nadi dapat diraba melalui (Siswanto, 1991):

1. Pergelangan tangan bagian depan sebelah atas pangkal ibu jari tangan (Arteri radialis);
2. Leher sebelah kiri atau kanan depan otot *sterno cleido mastoidues* (Arteri carolis);
3. Dada sebelah kiri tepat di apex jantung (Arteri Temporalis).

2.9.5 Tekanan Darah

Tekanan darah menunjukkan keadaan dimana tekanan yang dikenakan oleh darah pada pembuluh arteri ketika darah dipompa oleh jantung ke seluruh anggota tubuh, dengan kata lain tekanan darah juga berarti kekuatan yang dihasilkan oleh darah terhadap setiap satuan luas dinding pembuluh (Guyton dan Hall, 2000).

Tekanan darah dihasilkan dari denyut jantung dan jantung berdenyut secara otomatis selama hidup seseorang. Mengecilnya ukuran jantung dinamakan

kontraksi, pada setiap susunan peredaran darah setelah itu jantung mengalami relaksasi untuk kemudian berkontraksi kembali dan seterusnya dalam keadaan rileks, jantung diisi oleh darah. Dengan demikian peredaran darah menerima darah setiap kali jantung berkontraksi dan mengisi ruang jantung setiap kali jantung berelaksasi. Lingkaran yang dibentuk oleh susunan peredaran darah dari jantung dinamakan lingkaran jantung atau sirkulasi jantung atau sirkulasi kardiovaskuler (Guyton dan Hall, 2000).

Tekanan darah sangat penting dalam sistem sirkulasi darah dan selalu diperlukan untuk daya dorong mengalirnya darah di dalam arteri, arteriola, kapiler dan sistem vena, sehingga terbentuklah aliran darah yang menetap (Pearce 1999).

Adapun tekanan darah dibagi menjadi 2 (dua) yaitu tekanan sistolik dan diastolik (Ganong, 2001):

1. Tekanan sistolik, yaitu tekanan pada pembuluh arteri ketika jantung berkontraksi;
 2. Tekanan diastolik, yaitu tekanan ketika jantung sedang berelaksasi
- Menurut Grandjean (1993), apabila suhu lingkungan meningkat, maka efek fisiologis yang terjadi adalah:
- a. Peningkatan kelelahan;
 - b. Peningkatan denyut nadi;
 - c. Peningkatan tekanan darah;
 - d. Peningkatan aktivitas organ pencernaan;
 - e. Sedikit peningkatan suhu inti dan peningkatan tajam suhu *shell* atau suhu kulit;
 - f. Peningkatan aliran darah melalui kulit;

- g. Meningkatkan produktivitas keringat apabila suhu tubuh mencapai 34°C atau lebih.

Hal yang diperhatikan sebelum melakukan pemeriksaan tekanan darah adalah sebagai berikut (Ganong, 2011):

1. Memastikan kondisi kandung kemih dalam keadaan kosong;
2. Menghindari konsumsi kopi, alkohol dan rokok, obat yang dapat memicu peningkatan tekanan darah dari nilai sebenarnya;
3. Melakukan pemeriksaan pasien dalam kondisi pikiran yang tenang, karena pikiran yang tegang dan stress akan meningkatkan tekanan darah;
4. Melakukan pemeriksaan tekanan darah sebaiknya dilakukan dalam posisi duduk.

Menurut *World Health Organization (WHO)* dan *International Society Hypertension (ISH)* (1999), klasifikasi tekanan darah adalah sebagai berikut:

1. Normal, dengan tekanan sistolik 120–139 mmHg dan tekanan diastolik sebesar 80–89 mmHg;
2. Prohipertensi, dengan tekanan sistolik 140–159 mmHg dan tekanan diastolik sebesar 90–99 mmHg;
3. Hipertensi Stadium 1, dengan tekanan sistolik 160–179 mmHg dan tekanan diastolik sebesar 100–109 mmHg;
4. Hipertensi Stadium 2, dengan tekanan sistolik ≥ 180 mmHg dan tekanan diastolik ≥ 110 mmHg.

2.10 Karakteristik Individu yang Mempengaruhi Kerentanan Tubuh Terhadap Tekanan Panas

Beberapa faktor yang mempengaruhi tekanan panas setiap individu meliputi:

2.10.1 Umur

Tenaga kerja yang berusia diatas 40 tahun sebaiknya tidak ditempatkan di tempat kerja yang panas karena kelenjar keringat mereka menunjukkan respon yang lebih lambat terhadap beban panas metabolik dari lingkungan. Mereka yang berusia lanjut mulai mensekresikan keringat 29 menit setelah masuk ke dalam waktu ruangan yang panas, sedangkan orang muda hanya membutuhkan 15 menit (Siswanto, 1991).

Kondisi temperatur ruangan kerja yang tinggi, tenaga kerja yang berusia lanjut akan menyerap lebih banyak panas dari lingkungan dari pada orang muda terutama arena pembuluh darah mereka yang terdapat atau dekat dengan permukaan kulit lebih banyak terpapar panas (Siswanto, 1991) selain itu *maximal oxygen intake* pekerja yang berusia tua lebih rendah dibandingkan pekerja yang muda (Siswanto, 1991). Selain itu proses menjadi tua diikuti pula dengan berkurangnya kemampuan kerja, dikarenakan perubahan baik kardiovaskuler maupun hormonal (Suma'mur, 2009).

2.10.2 Jenis Kelamin

Pria pada umumnya memiliki daya tahan tubuh terhadap panas yang lebih baik daripada wanita. Seorang wanita lebih tahan terhadap suhu dingin daripada suhu panas. Hal ini disebabkan karena tubuh seorang wanita mempunyai jaringan dengan daya konduksi yang lebih rendah terhadap dingin dan daya

konduksi yang lebih besar terhadap panas dibandingkan pria, sehingga praktis wanita akan lebih banyak memberikan reaksi perifer apabila bekerja dengan cuaca yang panas (Siswanto, 1991).

2.10.3 Masa Kerja

Semakin lama masa kerja seseorang, maka besar pemaparan panas yang diterimanya. Oleh karena itu semakin besar kemungkinan anak mendapat keluhan kesehatan (Siswanto, 1991).

2.10.4 Lama Kerja

Lamanya orang bekerja sehari secara baik umumnya 6–8 jam dan sisanya digunakan untuk istirahat. Memperpanjang waktu kerja lebih dari 8 jam biasanya disertai menurunnya efisiensi, timbulnya kelelahan, penyakit dan kecelakaan kerja (Suma'mur, 2009).

2.10.5 Intake Cairan

Menurut Suma'mur (2009), pekerjaan di tempat panas harus di perhatikan secara khusus kebutuhan air dan garam sebagai pengganti cairan untuk penguapan. Lingkungan kerja yang panas dan berat diperlukan minimal 2,8 liter air minum, bagi tenaga kerja dengan pekerjaan ringan dianjurkan 1,9 liter. Kadar garam tidak boleh lebih tinggi melainkan sekitar 0,2% (Siswanto, 1991). Tenaga kerja yang bekerja di lingkungan kerja yang panas diharuskan minum air tanpa menunggu tenaga kerja merasa haus dan minum sebanyak 250 ml setiap 30 menit (*Construction Safety Association of Ontario*, 2000).

Kekurangan air lebih dari 6% dari berat tubuh berakibat dengan munculnya tanda kelemahan kemampuan fisik dan mental, kekurangan garam

mengakibatkan gejala serius. Kekurangan 0,5 gram/kg dari berat tubuh mengakibatkan lesu, pusing, pingsan dan kejang otot (Siswanto, 1991).

2.10.6 Status Gizi

Tenaga kerja yang status gizinya jelek akan menunjukkan respon yang berlebihan terhadap tekanan panas dan hal ini disebabkan oleh sistem kardiovaskuler yang tidak stabil. Pengeluaran elemen penting dari makanan yang dikonsumsi oleh tenaga kerja dapat dipercepat oleh kerja keras khususnya apabila dilakukan di tempat kerja yang panas (Siswanto, 1991)

2.10.7 Ukuran Luas Permukaan Tubuh

Apabila suatu pekerjaan dilakukan di suatu tempat kerja yang panas, maka mereka yang bertubuh kecil dengan luas permukaan tubuh yang kecil dan individu yang terlalu gemuk dengan rasio luas permukaan tubuh atau berat badan yang besar adalah rentan terhadap pengaruh tekanan panas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tenaga kerja yang berat badannya ≤ 50 kg selain mempunyai oksigen *intake* yang rendah, juga kurang toleran terhadap panas daripada mereka yang memiliki berat badan rata-rata (Siswanto, 1991)

2.10.8 Kesegaran Jasmani

Kesegaran jasmani adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan dengan penuh kesanggupan dan kemampuan secara efisien terhadap pembebanan fisik yang diterimanya. Kesanggupan dan kemampuan bekerja tanpa menimbulkan kelelahan yang berlebihan dengan cukup energi. Apabila tenaga kerja yang kesegaran jasmaninya kurang tidak akan dapat melakukannya (Suma'mur, 2009)

2.10.9 Kebiasaan Merokok

Nikotin menyebabkan kenaikan tekanan arteri dan denyut jantung oleh beberapa mekanisme (Kaplan dan Stamler dalam Kapten, 2006) :

1. Nikotin merangsang pelepasan epinephrin lokal dan saraf *adrenergic* dan meningkatkan sekresi katekolamin dan modula adrenalis dan dari jaringan kromafin di jantung;
2. Nikotin bekerja pada kemoreseptor di *gomon caroticus* dan *glomera aotica* yang menyebabkan peningkatan denyut jantung dan tekanan arteri;
3. Nikotin bekerja langsung pada miokardium untuk menginduksi efek inotropik dan kromotropik positif.

Menurut Singgih (2005), nikotin dalam rokok dapat mengakibatkan jantung berdenyut lebih cepat dan penyempitan saluran nadi sehingga menyebabkan jantung terpaksa memompa dengan lebih kuat untuk memenuhi kebutuhan darah ke seluruh tubuh.

Rokok mengandung nikotin sebagai penyebab ketagihan yang akan merangsang jantung, saraf, otak dan organ tubuh lainnya bekerja tidak normal, nikotin juga merangsang pelepasan adrenalin sehingga meningkatkan tekanan darah, denyut nadi dan tekanan kontraksi otot jantung (Sidabutar, 2005).

2.11 Aklimatisasi

Aklimatisasi adalah suatu proses adaptasi fisiologis yang ditandai dengan pengeluaran keringat yang meningkat, penurunan denyut jantung dan suhu tubuh. Proses adaptasi ini biasanya memerlukan waktu 7–10 hari dan aklimatisasi yang

telah didapat ini dapat pula menghilang dengan cepat apabila pekerja tidak masuk bekerja selama satu minggu (Siswanto, 1991).

Aklimatisasi ini ditujukan kepada suatu pekerjaan dan suhu tinggi untuk beberapa waktu misalnya 2 jam. Mengingat pembentukan keringat tergantung pada kenaikan suhu tubuh. Aklimatisasi panas biasanya tercapai sesudah 2 minggu. Dengan bekerja dalam suhu tinggi saja belum dapat menghasilkan aklimatisasi yang sempurna. World Health Organization (1999), mengemukakan adanya perbedaan kecil aklimatisasi antara laki-laki dan perempuan. Perempuan tidak dapat beraklimatisasi dengan baik seperti laki-laki. Hal ini dikarenakan mereka mempunyai kapasitas kardiovaskuler yang lebih kecil. Faktor yang perlu diperhatikan sehingga timbul aklimatisasi adalah faktor pembebanan dan lamanya kerja. Cara atau proses aklimatisasi adalah sebagai berikut (Santosa, 2004) :

1. Pada hari pertama kerja, pembebanan fisik dan lamanya kerja diusahakan agar tidak melebihi 50% dari beban kerja yang sebenarnya;
2. Pada hari kedua beban kerja ditambah 10% menjadi 60% dari beban dan lamanya kerja yang sebenarnya;
3. Demikian seterusnya hingga pada hari keenam pembebanan fisik dan lama kerja mencapai 100%.

Proses aklimatisasi perlu dilakukan bila mana suhu basah tempat kerja 25°C – 28°C atau bila suhu kering 33°C – 35°C . Hal ini tergantung dari keadaan aklimatisasi alami pekerja yang bersangkutan. Bagi mereka yang beraklimatisasi dianjurkan agar minum air yang bergaram dapur (Siswanto, 1991).

2.12 Pengaruh Tekanan Panas Pada Manusia

Tekanan panas yang berlebih di tubuh baik akibat proses metabolisme tubuh maupun paparan panas dari lingkungan kerja dapat menimbulkan masalah kesehatan dari yang sangat ringan seperti *heat rash*, *heat syncope*, *heat cramps*, *heat exhaustion* hingga yang sangat serius yaitu *heat stroke* (Siswanto, 1991) :

2.12.1 Heat Rash

Menurut Construction Safety Association of Ontario (2000), *heat rash* yang disebut juga *prickly heat* merupakan masalah yang paling umum dalam lingkungan kerja yang panas. *Heat rash* ini terjadi dalam apabila kondisi lembab dimana keringat tidak mampu menguap dari kulit dan pakaian. Penyakit ini mungkin terjadinya pada sebagian kecil area kulit atau sebagian tubuh (Siswanto, 1991)

Gejala terjadinya *heat rash* pada pekerja adalah (Siswanto, 1991):

1. Merah bercak dan gatal-gatal yang ekstrem di daerah yang terus menerus lembab oleh keringat;
2. Di area kulit yang berkeringat terjadi sensasi seperti tertusuk – tusuk.

2.12.2 Heat Cramps

Gejala dari *heat cramps* adalah rasa nyeri dan kejang pada kaki, tangan dan abdomen dan banyak mengeluarkan keringat. Hal ini disebabkan karena ketidakseimbangan cairan dan garam selama melakukan kerja fisik yang berat di lingkungan kerja yang panas (Siswanto, 1991).

2.12.3 Heat Exhaustion

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 (Siswanto, 1991). Menurut Construction Safety Association of Ontario (2000), *heat exhaustion* terjadi ketika tubuh tidak bisa lagi mengalirkan darah menuju organ–organ vital di dalam tubuh dan dalam waktu yang sama tidak dapat mengirim darah menuju kulit untuk mengurangi suhu tubuh.

Gejala yang terjadi apabila *heat exhaustion* mengenai pekerja adalah (Construction Safety Association of Ontario, 2000):

1. Kelelahan;
2. Kesulitan untuk melanjutkan pekerjaan;
3. Sakit kepala;
4. Sesak nafas;
5. Mual atau muntah;
6. Pingsan.

2.12.4 Heat Stroke

Heat stroke terjadi apabila tubuh tidak dapat lagi menjaga keseimbangan panas sehingga suhu tubuh meningkat pada level kritis. *Heat stroke* dapat menyebabkan koma hingga kematian.

Gejala pada *heat stroke* adalah kebingungan, perilaku irasioanal, penurunan kesadaran, kejang - kejang, keringat berkurang, kulit kering dan panas, detak jantung cepat dan suhu tubuh tinggi (Construction Safety Association of Ontario, 2000).

2.13 Indeks Suhu Basah dan Bola (ISBB)

ISBB banyak digunakan sebagai pengukur lingkungan kerja yang panas karena cara pengukurannya tidak membutuhkan keterampilan khusus, cara atau

metode pengukuran tidak sulit dan besarnya tekanan panas di lingkungan kerja dapat ditentukan dengan mudah dan cepat (ACGIH, 2001).

Formula ISBB merupakan suatu model matematika yang memuat indikator iklim kerja. Kecepatan angin dan kelembapan udara diperlukan agar lingkungan kerja dapat dievaluasi dengan baik (Ardyanto, 2006).

ISBB dan Nilai ambang Batas (NAB) dari ISBB berasal dari Amerika Serikat telah diadopsi oleh Indonesia untuk menjadi NAB yang dapat diterapkan bagi tenaga kerja maupun iklim kerja di Indonesia. Namun diketahui bahwa iklim kerja dan tenaga kerja antara Amerika Serikat dan Indonesia berbeda, sehingga memungkinkan untuk meneliti kembali NAB yang sesuai untuk diterapkan sesuai dengan kondisi Indonesia (Ardyanto, 2006).

Langkah pengukuran ISBB dengan menggunakan *Digital Questemp 36* dapat dilaksanakan dengan tahap – tahap sebagai berikut:

1. Tahap persiapan

Beberapa hal yang dilakukan pada tahap persiapan adalah sebagai berikut (Hendra, 2009):

- a. Peralatan yang harus dipersiapkan antara lain *Questemp 36*, *aquadest*, kain katun dan baterai yang sesuai;
- b. Memastikan alat dalam kondisi baik dan berfungsi dengan benar serta masih dalam masa kalibrasi, terutama *Questemp 36*;
- c. Memeriksa daya baterai pada alat masih dalam kondisi dapat digunakan;

2. Tahap pengukuran

- a. Meletakkan alat pada titik pengukuran dan sesuaikan ketinggian sensor dengan kondisi pekerja;
- b. Membuka tutup termometer suhu basah alami, lalu basahi sumbu yang terdapat di dalam termometer dengan *aquadest* sampai wadah hampir terisi penuh untuk menjamin agar termometer dalam kondisi basah selama pengukuran;
- c. Menyalakan alat dan menunggu alat membaca kondisi lingkungan kerja selama 15 menit;
- d. Apabila telah 15 menit, mencatat hasil yang didapatkan dan menonaktifkan alat kemudian dipindahkan ke titik pengukuran lain;
- e. Dan prosedur kerja dapat diulang dari poin c.

Beberapa hal yang harus diperhatikan selama proses pengukuran di tempat kerja adalah sebagai berikut (Hendra, 2009):

1. Meletakkan alat harus pada posisi yang aman, waspadai alat jangan sampai bergetar, bergoyang atau kondisi lain yang membahayakan;
2. Meletakkan alat pada titik pengukuran yang tidak mengganggu aktivitas tenaga kerja;
3. Operator harus memperhatikan aspek keselamatan diri saat melakukan pengukuran. Bila diperlukan gunakan alat pelindung diri yang sesuai dengan kondisi bahaya di lingkungan kerja;
4. Berkoordinasi dengan tenaga kerja dan penanggung jawab tempat kerja untuk kelancaran proses pengukuran.