

**PERBEDAAN TEKANAN DARAH SEBELUM DAN SESUDAH  
PAPARAN *HEAT STRESS* PADA PEKERJA  
PERUSAHAAN INDUSTRI  
TS DAN ED ALUMINIUM YOGYAKARTA**

**Karya Tulis Ilmiah**

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat  
Memperoleh Derajat Sarjana Kedokteran  
Universitas Islam Indonesia**



**Oleh :  
Zuhdan Marwanto  
07711045**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2011**

**PERBEDAAN TEKANAN DARAH SEBELUM DAN SESUDAH  
PAPARAN *HEAT STRESS* PADA PEKERJA  
PERUSAHAAN INDUSTRI  
TS DAN ED ALUMINIUM YOGYAKARTA**

Oleh :

Zuhdan Marwanto

07 711 045

Telah diseminarkan pada tanggal 16 Desember 2011

Dan disetujui oleh:



dr. Erlina Marfianti, M.Sc, Sp.PD

Pembimbing



dr. H. Zuchaeri Dahlan, MPH, Sp.P

Penguji



Disahkan Oleh:



dr. Isnatin Miladiyah, M.Kes

Dekan

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Halaman Pengesahan</b> .....	ii
<b>Daftar Isi</b> .....	iii
<b>Daftar Tabel</b> .....	vi
<b>Daftar Gambar</b> .....	vii
<b>Halaman Pernyataan</b> .....	viii
<b>Kata Pengantar</b> .....	ix
<b>Intisari</b> .....	xi
<b>Abstract</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Keaslian Penelitian .....	3
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Tekanan Panas ( <i>Heat Stress</i> ) .....	5
2.1.1. Definisi <i>Heat Stress</i> .....	5
2.1.2. Sumber Tekanan Panas .....	5
2.1.3. Parameter Tekanan Panas .....	6
2.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Sensitivitas Tubuh Terhadap Tekanan Panas .....	10
2.3. Sistem Thermoregulasi .....	11
2.3.1. Definisi Thermoregulasi .....	11
2.3.2. Pembentukan Panas Tubuh .....	11
2.3.3. Pertukaran Panas Tubuh dengan Lingkungan .....	12
2.3.4. Mekanisme Thermoregulasi .....	13
2.4. Efek Tekanan Panas Terhadap Tubuh .....	17
2.4.1. Respon Fisiologis Tubuh Terhadap Tekanan Panas .....	17

2.4.2. Penyakit yang Dihubungkan dengan <i>Heat Stress</i> .....	19
2.5. Tekanan Darah .....	20
2.5.1. Definisi Tekanan Darah .....	20
2.5.2. Tekanan Darah Postural .....	22
2.5.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tekanan Darah.....	23
2.6. Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	24
2.6.1. Definisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja.....	24
2.6.2. Pandangan Islam Terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	25
2.7. Landasan Teori.....	28
2.8. Kerangka Konsep .....	30
2.9. Hipotesis.....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Rancangan Penelitian .....	31
3.2. Populasi dan Sampel Penelitian .....	31
3.3. Variabel Penelitian .....	32
3.4. Definisi Operasional.....	33
3.5. Instrumen Penelitian.....	34
3.6. Alur Penelitian .....	35
3.7. Tahap Penelitian.....	36
3.8. Rencana Analisis Data .....	36
3.9. Etika Penelitian .....	37
3.10. Jadwal Penelitian.....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1. Hasil Penelitian .....	38
4.1.1. Gambaran Umum Perusahaan.....	38
4.1.2. Analisis Univariat .....	39
4.1.3. Analisis Bivariat.....	42
4.2. Pembahasan.....	48
4.2.1. Keluhan Subyektif Responden.....	48
4.2.2. Tekanan Panas di Tempat Kerja .....	49
4.2.3. Perbedaan Tekanan Darah Tenaga Kerja Antara Sebelum dan	

Sesudah Terpapar Tekanan Panas.....	49
4.3. Kelemahan Penelitian.....	52
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1. Simpulan .....	53
5.2. Saran.....	53
<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>55</b>
<b>Lampiran .....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Pengaturan Waktu Kerja dengan ISBB.....	8
Tabel 2. Tingkat Kegiatan dan Kalori yang Dihasilkan.....	8
Tabel 3. Jadwal Penelitian .....	37
Tabel 4. Hasil Pengukuran Tekanan Panas .....	39
Tabel 5. Distribusi Frekuensi Karakteristik Responden .....	40
Tabel 6. Data Keluhan Subyektif Responden .....	41
Tabel 7. Data Keluhan Subyektif Pengeluaran Keringat dan Kebiasaan Minum Responden Selama Bekerja .....	42
Tabel 8. Nilai Rata-Rata Tekanan Darah Posisi Berbaring dan Berdiri Antara Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas.....	43
Tabel 9. Distribusi Frekuensi Perubahan Tekanan Darah Posisi Berbaring dan Berdiri Sesudah Terpapar Tekanan Panas .....	43
Tabel 10. Nilai Rata-Rata Tekanan Darah Sistole dan Diastole pada Perubahan Posisi Tubuh Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas .....	46
Tabel 11. Nilai Rata-Rata Temperatur Tubuh Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas .....	46
Tabel 12. Distribusi Frekuensi Perubahan Temperatur Tubuh Sesudah Terpapar Tekanan Panas.....	47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Suhu dari berbagai bagian tubuh .....	14
Gambar 2. Mekanisme thermoregulasi tubuh manusia.....	16
Gambar 3. Kerangka Konsep .....	30
Gambar 4. Nilai rata-rata tekanan darah sistole posisi berbaring dan berdiri antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.....	44
Gambar 5. Nilai rata-rata tekanan darah diastole posisi berbaring dan berdiri antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.....	44
Gambar 6. Nilai rata-rata temperatur tubuh sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas .....	47

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Karya Tulis Ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 26 Desember 2011

Zuhdan Marwanto

## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, dengan memanjatkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT, Tuhan semesta alam yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga karya tulis ilmiah ini akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Tak lupa shalawat dan salam penulis sampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW serta para sahabat dan seluruh pengikutnya semoga rahmat dan hidayah selalu dilimpahkan padanya.

Karya Tulis Ilmiah yang berjudul “*Perbedaan Tekanan Darah Sebelum dan Sesudah Paparan Heat Stress pada Pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta*” ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh derajat sarjana kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi baik moril maupun materiil didalam penyusunan karya tulis ilmiah ini, diantaranya kepada :

1. dr. Isnatin Miladiyah, M.Kes selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia.
2. dr. Erlina Marfianti, M.Sc, Sp.PD selaku dosen pembimbing utama, yang selalu membimbing dan memberi saran-saran hingga selesainya karya tulis ilmiah ini.
3. dr. Zuchaeri Dahlan, MPH, Sp.P selaku dosen penguji, yang banyak memberikan masukan dan saran untuk penyempurnaan penulisan karya tulis ilmiah ini.
4. Bapak Teguh Basuki selaku Ketua Koperasi Pengusaha Pengrajin Aluminium dan Pimpinan Perusahaan Industri TS Aluminium yang telah memberikan izin penelitian di Perusahaan TS Aluminium.

5. Bapak Atok selaku Pimpinan Perusahaan Industri ED Alumunium yang telah memberikan izin penelitian di Perusahaan ED Alumunium.
6. Ayah dan Ibunda serta Keluargaku semuanya, yang telah memberikan dukungan moril, material dan doa restunya.
7. Kepada teman-temanku Mukti Yulindra, Septian Andrianto dan semua kawan-kawan yang membantu tenaga dan pikiran dalam pelaksanaan penelitian ini.

Dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini penulis menyadari masih banyak kekurangan, semoga karya ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan kesehatan kerja pada khususnya.

Yogyakarta, 26 Desember 2011

Penulis

## INTISARI

### PERBEDAAN TEKANAN DARAH SEBELUM DAN SESUDAH PAPANAN *HEAT STRESS* PADA PEKERJA PERUSAHAAN INDUSTRI TS DAN ED ALUMINIUM YOGYAKARTA

**Latar belakang:** Salah satu sumber bahaya di tempat kerja adalah *heat stress* (tekanan panas). Tekanan panas dapat menyebabkan perubahan sistem kardiovaskuler. Beban kerja jantung akan semakin meningkat sebagai upaya untuk mengatur temperatur dalam tubuh ketika suhu tubuh meningkat akibat terpapar tekanan panas.

**Tujuan:** Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas pada pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta.

**Metode:** Penelitian ini menggunakan metode obeservasional analitik dengan pendekatan *cross sectional*. Sampel yang memenuhi kriteria inklusi adalah sebanyak 25 orang. Pengambilan data dilakukan dengan wawancara menggunakan kuesioner untuk menentukan karakteristik responden dan pengukuran tekanan panas, tekanan darah posisi berbaring dan berdiri, temperatur aksila. Uji statistika dilakukan dengan *Wilcoxon match pair test* menggunakan program komputer.

**Hasil:** Rata-rata tekanan panas pada bagian produksi Perusahaan Industri TS Aluminium adalah 31,7 °C, dan ED Aluminium 32,6 °C. Rata-rata temperatur tubuh mengalami peningkatan sebesar 0,8 °C ( $P < 0,001$ ) setelah terpapar tekanan panas. Tekanan darah sistole dan diastole pada posisi berbaring dan berdiri mengalami penurunan yang signifikan setelah terpapar tekanan panas. Tekanan panas menurunkan sistole posisi berbaring ( $P < 0,001$ ) dan berdiri ( $P < 0,001$ ) demikian juga diastole posisi berbaring ( $P < 0,001$ ) dan berdiri ( $P < 0,001$ ). Selisih tekanan darah sistole dan diastole pada saat perubahan posisi sebelum terpapar dibandingkan setelah terpapar tekanan panas tidak terdapat perubahan yang bermakna. Selisih sistole ( $P = 0,093$ ) dan selisih diastole ( $P = 0,379$ ).

**Simpulan:** Dari data hasil penelitian dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang bermakna tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas pada pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta.

Kata Kunci : Tekanan panas, tekanan darah, temperatur tubuh.

## ABSTRACT

### THE DIFFERENCES OF BLOOD PRESSURE BEFORE AND AFTER EXPOSURE TO HEAT STRESS ON WORKERS OF INDUSTRIAL COMPANY TS AND ED ALUMINIUM YOGYAKARTA

**Introduction:** One source of danger in workplace is heat stress. Heat stress can cause changes in the cardiovascular system. The workload of heart will increase to regulate body temperature when body temperature rises due to exposure to heat stress.

**Objectives:** To find out the differences of blood pressure before and after exposure to heat stress on workers of Industrial Company TS and ED Aluminium Yogyakarta.

**Methods:** This study uses observational analytic method with cross sectional approach. The sample in this study that meets inclusion criteria is 25 people. Data is collected by interview using a questionnaire to determine the characteristics of the respondents and measurements of heat stress, blood pressure in supine and standing position and axillary temperature. The statistical test performed using Wilcoxon match pair test with computer program.

**Results:** The average of heat stress in production section of Industrial Company TS Aluminium is 31,7 °C and ED Alumunium 32,6 °C. The average body temperature increased by 0.8 °C after exposure to heat stress ( $P < 0,001$ ). Systolic and diastolic blood pressure in supine and standing position decreased significantly after exposure to heat stress. Heat stress decreased systolic in supine ( $P < 0,001$ ) and standing ( $P < 0,001$ ) likewise diastolic in supine ( $P < 0,001$ ) and standing ( $P < 0,001$ ). Difference in systolic and diastolic blood pressure when changing body position prior heat stress compared to after heat stress no significant changes. Difference in systolic ( $P = 0.093$ ) and difference in diastolic ( $P = 0.379$ ).

**Conclusions:** Based on this research, it can be concluded that there is significant differences in blood pressure before and after exposure to heat stress on workers of Industrial Company TS and ED Aluminium Yogyakarta.

Keywords: Heat stress, blood pressure, body temperature.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan salah satu negara besar di dunia, dengan jumlah penduduk yang kurang lebih 234 juta jiwa. Sekitar 65% penduduk Indonesia berada pada usia kerja, dengan 30% bekerja di sektor formal dan 70% di sektor informal. Dengan banyaknya penduduk yang berada pada usia kerja ini, maka kesehatan dan keselamatan kerja menjadi sangatlah penting untuk diperhatikan, serta mendapatkan perlindungan yang memadai sesuai dengan harkat dan martabatnya sebagai manusia. Perhatian dan perlindungan terhadap kesehatan dan keselamatan kerja akan mengurangi dampak negatif dari pertumbuhan dan bertambahnya tenaga kerja yang setiap tahunnya semakin meningkat. Penyakit akibat kerja merupakan salah satu dampak negatif yang memerlukan perhatian khusus, agar kesehatan tenaga kerja dan lingkungan kerja menjadi lebih terjamin (Departemen Kesehatan [Depkes], 2009).

Perkembangan dan kemajuan suatu bangsa sangat ditentukan oleh kualitas sumber daya manusia. Sebab itulah pembangunan nasional yang ditandai dengan perkembangan industrialisasi harus dibarengi dengan kebijakan penerapan keselamatan dan kesehatan kerja di tempat kerja untuk mengantisipasi dan mengendalikan dampak negatif yang mungkin timbul dari proses tersebut. Sebab seberapa pun kecilnya kasus kecelakaan dan penyakit akibat kerja akan merugikan semua pihak yang akhirnya akan menurunkan produktivitas perusahaan dan tingkat kesejahteraan (Balai Hiperkes dan K3 DIY, 2011).

Negara Indonesia merupakan negara tropis dengan ciri utamanya adalah suhu dan kelembaban yang tinggi, kondisi ini menjadi perhatian karena iklim yang panas dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Karena iklim kerja merupakan beban bagi tubuh ditambah lagi pekerja harus mengerjakan pekerjaan fisik yang berat, keadaan ini dapat memperburuk kesehatan dan stamina pekerja. Sumber bahaya yang sering ditemukan di tempat kerja sangat beragam, salah satunya adalah bahaya kondisi fisik berupa iklim kerja yang panas (Suma'mur,

2009). Kondisi ini hampir pasti ditemui di perusahaan industri seperti industri besi dan pengecoran logam baja, batu bata dan keramik, konstruksi, pertambangan, kaca dan gelas, tekstil, dll.

Paparan iklim yang panas atau disebut juga dengan *heat stress* di lingkungan tempat kerja, baik yang berada di dalam ruangan maupun di luar ruangan akan berdampak langsung terhadap kondisi tubuh pekerja. *Heat stress* dalam dapat menyebabkan perubahan mekanis dan fungsi jantung pada tubuh. Beban sirkulasi darah akan meningkat yang menyebabkan perubahan hemodinamik dalam sirkulasi darah (Wilson & Crandall, 2011).

Para pekerja yang bekerja dalam lingkungan panas akan mengalami gejala klinis secara subjektif yakni kelelahan, dengan gejala kelelahan yang meningkat sesuai dengan tingkat paparan panas (Chen *et al.*, 2003). Selain itu suhu panas juga dapat berakibat menurunnya prestasi kerja fisik dan penurunan sangat hebat sesudah 32°C. Suhu panas mengurangi kelincahan, memperpanjang waktu reaksi dan waktu pengambilan keputusan, mengganggu kecemasan otak, mengganggu koordinasi saraf perasa dan saraf motoris (Suma'mur, 2009).

Dalam penelitian Brothers *et al.* 2009, pemaparan *heat stress* pada manusia dapat mengakibatkan melemahnya respon vena dan arteri perifer pada saat terjadi perubahan postural dalam tubuh misalnya dari posisi berbaring ke posisi tegak, sehingga menyebabkan penurunan kontrol tekanan darah saat ortostatik dan dapat menjadikan intoleransi ortostatik. Keadaan tersebut juga dapat memperlihatkan gejala awal seperti sinkop pada individu yang terkena *heat stress*. Pekerja yang terkena paparan panas ekstrim selain dapat menyebabkan penyakit kerja dapat menyebabkan cedera secara serius. Keadaan darurat yang disebabkan *heat stress* apabila tidak dilakukan pengendalian seperti: *heat stroke*, *heat cramp*, *heat exhaustion*, dan *heat rash* (Center for Disease Control and Prevention [CDC], 2010).

Seorang karyawan dapat bekerja secara efisien dan produktif bila lingkungan kerja nyaman. Banyak faktor yang mempengaruhi kenyamanan lingkungan kerja diantaranya adalah tekanan panas (*heat stress*). Kebanyakan orang akan merasakan kenyamanan ketika berada pada suhu udara antara 20 °C

dan 27 °C serta ketika rentang kelembaban relatif 35-60%. Suhu udara atau kelembaban yang lebih tinggi, akan membuat rasa tidak nyaman. Situasi seperti ini tidak akan menyebabkan kerusakan jaringan selama tubuh dapat menyesuaikan dan mengatasi stres panas tersebut. Lingkungan yang sangat panas dapat mengarahkan ke berbagai kondisi yang serius dan mungkin fatal (*Canadian Centre for Occupational Health and Safety* [CCOHS], 2008).

Pemerintah telah membuat Undang-undang tentang kesehatan kerja khususnya pada surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja No: Kep 51/Men/1999 bertujuan untuk memberikan perlindungan terhadap tenaga kerja yang bekerja pada iklim di atas nilai ambang (NAB) dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi RI No. Per-03/Men/1982 tentang Pelayanan Kesehatan Kerja. Namun kenyataan di lapangan masih banyak perusahaan yang belum memperhatikannya.

Berdasarkan beberapa uraian di atas maka penulis ingin mengadakan penelitian mengenai perbedaan tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas pada pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium yang beralamatkan di Umbulharjo, Yogyakarta.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Apakah terdapat perbedaan tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas (*heat stress*) pada pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Untuk mengetahui perbedaan tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas (*heat stress*) pada pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta.

## **1.4. Keaslian Penelitian**

1. Perbedaan Tekanan Darah Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas pada Pekerja Bagian Moulding Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah

Semarang Tahun 2007. Oleh Edi Subagiyo, menyimpulkan terdapat perbedaan yang bermakna pada tekanan darah sistole sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.

Perbedaan dengan penelitian ini adalah dalam penelitian Edi Subagiyo pengukuran tekanan darah diukur dalam satu posisi tubuh, sedangkan dalam penelitian ini pengukuran tekanan darah diukur dalam dua posisi yakni posisi berbaring dan posisi berdiri, hal ini lebih menekankan terhadap perubahan postural tubuh yang mungkin dapat mempengaruhi tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas.

2. Perbedaan Tekanan Darah Tenaga Kerja Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas di Industri Mebel CV.Gion dan Rahayu Kartasura, Sukoharjo 2010. Oleh Anang Kurniawan, menyimpulkan tidak terdapat perbedaan tekanan darah sistole maupun diastole sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas. Perbedaan dengan penelitian ini adalah selain dari posisi pengukuran tekanan darah, pada penelitian Anang Kurniawan paparan tekanan panas terhadap pekerja Industri Mebel CV.Gion dan Rahayu Kartasura masih di bawah nilai ambang batas.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

1. Bagi Perusahaan  
Sebagai informasi dan bahan masukan terhadap perusahaan dalam kaitannya dengan lingkungan kerja agar lebih memperhatikan kesehatan dan keselamatan tenaga kerja terutama yang berhubungan dengan paparan tekanan panas sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan derajat kesehatan pekerja secara optimal.
2. Bagi Pekerja  
Sebagai pedoman terhadap tenaga kerja untuk mengantisipasi pengaruh paparan tekanan panas di tempat kerja.
3. Bagi Peneliti  
Menambah pengetahuan bagi peneliti tentang perbedaan tekanan darah para pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta sebelum dan sesudah paparan tekanan panas (*heat stress*) di lingkungan kerja.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tekanan Panas (*Heat Stress*)**

##### **2.1.1. Definisi *Heat Stress***

Menurut Suma'mur (2009) cuaca kerja adalah kombinasi dari suhu udara, kelembaban udara, kecepatan gerak udara, dan panas radiasi. Kombinasi keempat faktor tersebut yang dihubungkan dengan produksi panas tubuh disebut tekanan panas (*heat stress*).

*Heat stress* adalah batasan tubuh menerima beban panas dari kombinasi tubuh yang menghasilkan panas saat melakukan pekerjaan dan faktor lingkungan (seperti temperatur udara, kelembaban, pergerakan udara, dan radiasi perpindahan panas) serta pakaian yang digunakan (CCOHS, 2008). Pekerja dengan pekerjaan berat, pekerjaan fisik dengan menggunakan pakaian pelindung tertutup rapat dapat meningkatkan pengeluaran keringat kira-kira 2,25 liter per jam (Baker & LaDue, 2010).

Bekerja atau beraktivitas di tempat lingkungan yang panas akan menimbulkan stres terhadap sistem regulasi pengaturan suhu tubuh. Suhu tubuh manusia secara normal akan dipertahankan pada suhu diantara 36 °C dan 38 °C. Ketika tubuh berada pada lingkungan dengan suhu yang panas, maka suhu tubuh akan mengalami peningkatan dan sistem thermostat menjaga suhu tubuh pada keadaan normal dengan tubuh bereaksi untuk menghilangkan kelebihan panas. Jika panas dalam tubuh lebih cepat dari pada proses hilangnya kelebihan panas, maka seseorang tersebut mengalami *heat stress* (WorkSafeBC, 2007).

##### **2.1.2. Sumber Tekanan Panas**

Tubuh dapat memperoleh panas melalui dua cara yaitu:

1. Panas yang dihasilkan oleh tubuh dari hasil metabolisme saat aktivitas kerja.
2. Berasal dari absorpsi atau pertukaran panas dari lingkungan sekitar.

Kedua hal tersebut merupakan sumber panas yang penting dan terkadang aktivitas kerja dapat menjadi sumber tekanan panas. Panas yang dihasilkan dari aktivitas

kerja tergantung beban kerja setiap orang, serta keadaan seseorang tersebut seperti usia, dan kesehatan. Temperatur udara yang relatif rendah tetapi tingkat aktivitas kerja yang sangat tinggi dapat menyebabkan *heat stress*. Sedangkan tekanan panas dari lingkungan bergantung dari tingkat temperatur udara, pergerakan udara dan radiasi panas yang diterima seseorang tersebut (WorkSafeBC, 2007).

Dalam pekerjaan *indoor* seperti pabrik pengecoran logam, pabrik baja, roti, peleburan, pabrik kaca, tungku, tempat binatu, pabrik pengalengan, dapur restoran, material yang sangat panas dan juga kelembaban yang tinggi menjadi sumber utama dari panas di lingkungan kerja. Untuk pekerjaan *outdoor*, seperti konstruksi, perbaikan jalan, pertambangan, pertanian dan sinar matahari di musim panas juga sebagai sumber utama tekanan panas. Kebanyakan kasus penyebab utama *heat stress* adalah lingkungan kerja yang berpotensi memberikan tekanan tubuh untuk melawan panas (CCOHS, 2008).

### **2.1.3. Parameter Tekanan Panas**

Cuaca kerja merupakan kombinasi dari suhu udara, kelembaban udara, kecepatan gerakan udara dan suhu radiasi. Oleh karena itu parameter yang diukur dalam cuaca kerja adalah sebagai berikut (Suma'mur, 2009):

1. Suhu udara, meliputi suhu kering, suhu basah dan suhu basah alami. Suhu kering adalah suhu udara, suhu basah adalah suhu udara yang dipengaruhi oleh adanya uap air yang berasal dari air yang ditiupkan udara padanya. Suhu kering dan suhu basah diukur dengan alat yang disebut Psikrometer. Suhu basah alami adalah suhu basah dimana penguapan air berlangsung secara alami, suhu basah alami diukur dengan thermometer Arsmann.
2. Kelembaban udara relatif adalah konsentrasi uap air yang ada di udara. Kelembaban udara diukur dengan hygrometer, atau dengan psikrometer dan tabel kelembaban atau grafik psikrochart. Kelembaban udara relatif yang nyaman untuk iklim tropis adalah 65 – 95 %.
3. Kecepatan gerakan udara diukur dengan anemometer (untuk kecepatan tinggi) dan termometer (untuk kecepatan rendah). Kecepatan gerakan udara yang

nyaman di tempat kerja yang tertutup (*indoor*) adalah tidak lebih dari 0,25 m/det dan tempat kerja terbuka (*outdoor*) adalah tidak lebih dari 1 m/det.

4. Suhu radiasi didapat dari suhu bola yang diukur dengan termometer bola (*golbe thermometer*).

Untuk menetapkan besarnya tekanan panas terdapat beberapa cara sebagai berikut (Suma'mur, 2009) :

1. Suhu efektif yaitu indeks sensoris dari tingkat panas yang dialami oleh seseorang tanpa baju, kerja ringan dalam berbagai kombinasi suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara. Kelemahan penggunaan suhu efektif ialah tidak memperhitungkan panas radiasi dan panas metabolisme tubuh sendiri. Untuk penyempurnaan pemakaian suhu efektif dengan memperhatikan panas radiasi, dibuat Skala Suhu Efektif Dikoreksi. Namun tetap ada kelemahan pada suhu efektif yaitu tidak diperhitungkannya panas hasil metabolisme tubuh.
2. Indeks suhu basah dan bola (ISBB), adalah parameter untuk menilai tingkat iklim kerja yang merupakan hasil perhitungan antara suhu kering, suhu basah alami, dan suhu bola dengan rumus sebagai berikut:
  - a.  $ISBB_{outdoor} = 0,7 \times \text{suhu basah} + 0,2 \times \text{suhu radiasi} + 0,1 \times \text{suhu kering}$  (untuk bekerja pada pekerjaan dengan adanya paparan sinar matahari).
  - b.  $ISBB_{indoor} = 0,7 \times \text{suhu basah} + 0,3 \times \text{suhu radiasi}$  (untuk bekerja pada pekerjaan tanpa disertai penyinaran sinar matahari).

Menurut keputusan menteri tenaga kerja pada pasal 2 Kep-51/MEN/1999 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) Faktor Fisika di tempat kerja, tertulis bahwa NAB iklim kerja menggunakan parameter ISBB sebagai berikut :

**Tabel 1. Pengaturan Waktu Kerja dengan ISBB**

Pengaturan waktu kerja setiap jam		ISBB (°C)		
		Beban Kerja		
Waktu Kerja	Waktu Istirahat	Ringan	Sedang	Berat
Bekerja terus menerus (8 jam/hari)	-	30,0	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: (Surat Keputusan Menteri Tenaga Kerja No: Kep-51/MEN/1999)

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 adalah standar faktor tempat kerja, dalam hal ini adalah paparan tekanan panas atau iklim kerja yang dapat diterima tenaga kerja tanpa mengakibatkan penyakit atau gangguan kesehatan.

Berikut ini tabel yang menyajikan hubungan antara panas yang dihasilkan oleh metabolisme dan aktivitas tubuh:

**Tabel 2. Tingkat Kegiatan dan Kalori yang Dihasilkan**

Tingkat	Kegiatan	British Thermal Unit (BTU)/Jam
Ringan	Tidur	250
	Duduk tenang	400
	Duduk, dengan gerakan lengan ringan misalnya mengetik	450 – 550
	Duduk, dengan gerakan tangan dan kaki ringan misalnya main piano atau menyetir mobil	550 – 650
	Berdiri, kerja ringan pada mesin atau membongkar sesuatu dengan tangan	550 – 650

	Duduk, dengan gerakan kuat tangan dan kaki	650 – 750
	Berdiri, kerja ringan pada mesin atau membongkar sesuatu dengan tangan	650 – 800
Sedang	Berdiri, kerja sedang pada mesin atau membongkar barang dan kadang-kadang jalan	750 – 1000
	Berjalan dengan mengangkat atau mendorong beban yang beratnya sedang	1000 – 1400
	Mengangkat, mendorong, dan menaikkan benda berat secara terputus-putus misalnya pekerjaan menyekop	1500 – 2000
Berat	Mengangkat, mendorong, dan menaikkan benda berat terus menerus	2000 – 2400

Sumber: (Suma'mur, 2009)

3. Prediksi kecepatan keluar keringat selama 4 jam (*Predicted-4-hour sweat rate* disingkat P4SR), yaitu banyaknya prediksi keringat keluar selama 4 jam sebagai akibat kombinasi suhu, kelembaban dan kecepatan aliran udara serta panas radiasi. Nilai prediksi ini dapat pula dikoreksi untuk bekerja dengan berpakaian dan juga menurut tingkat kegiatan dalam melakukan pekerjaan.
4. Indeks *Belding-Hatch*, merupakan kemampuan berkeringat orang standar yaitu orang muda dengan tinggi 170 cm dan berat badan 154 pon, dalam keadaan sehat dan memiliki kesegaran jasmani, serta beraklimatisasi terhadap iklim kerja panas. Dalam lingkungan panas, efek pendinginan penguapan keringat adalah mekanisme terpenting untuk mempertahankan keseimbangan termis badan. Maka dari itu, Belding dan Hatch mendasarkan indeksinya atas perbandingan banyaknya keringat yang diperlukan untuk mengimbangi panas dan kapasitas maksimal tubuh untuk berkeringat. Untuk menentukan indeks tersebut diperlukan pengukuran suhu kering dan suhu basah, suhu bola, kecepatan aliran udara, dan produksi panas sebagai akibat kegiatan melakukan pekerjaan.

## **2.2. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Sensitivitas Tubuh Terhadap Tekanan Panas**

Faktor-faktor yang mempengaruhi sensitivitas tubuh terhadap tekanan panas antara lain (Davis, 2007) :

### **1. Usia**

Seorang pekerja yang lebih tua mungkin akan lebih kesulitan bekerja dalam lingkungan yang panas dan akan memerlukan aklimatisasi yang lebih lama.

### **2. Aklimatisasi**

Aklimatisasi merupakan proses penyesuaian tubuh secara bertahap terhadap lingkungan yang sangat panas. Tubuh akan menjadi terbiasa terhadap paparan panas setelah beraklimatisasi. Terdapat perbedaan setiap orang dalam proses aklimatisasi tergantung kondisi kesehatannya. Pekerja yang sehat dapat beraklimatisasi dalam lima sampai tujuh hari (*Workplace Safety and Health Division [WSHD], 2007*).

### **3. Kesehatan**

Seseorang yang memiliki kondisi fisik prima akan lebih tahan terhadap paparan tekanan panas.

### **4. Alkohol dan obat-obatan**

Konsumsi alkohol dan pemakaian obat-obat tertentu akan mempengaruhi respon tubuh terhadap panas dan proses aklimatisasi. Fungsi berkeringat akan dipengaruhi oleh obat-obatan seperti pilokarpin dan obat antikolinergik seperti hyoscine. Sistem termostat di otak dipengaruhi oleh asam asetilsalisilat (ASA), fenotiazin. Sistem peredaran darah dipengaruhi oleh antihipertensi, antiaritmia, diuretik. Laju metabolisme dipengaruhi oleh tiroksin dan alkohol (*WSHD, 2007*).

## **2.3. Sistem Thermoregulasi Tubuh**

### **2.3.1. Definisi Thermoregulasi**

Thermoregulasi adalah kemampuan suatu organisme untuk menjaga temperatur tubuh di dalam batas-batas tertentu, bahkan ketika berada dalam suhu sekitar yang sangat berbeda. Keadaan ini merupakan proses homeostasis untuk mengatur suhu tubuhnya agar tetap konstan sehingga tidak mengalami perubahan yang terlalu besar (Lee, 2009).

Suhu tubuh dipertahankan secara konstan dari hari ke hari dengan menyeimbangkan antara pembentukan panas dan kehilangan panas. Bila laju pembentukan panas di dalam tubuh lebih besar daripada laju hilangnya panas, maka panas akan timbul di dalam tubuh dan suhu tubuh akan meningkat, sebaliknya bila kehilangan panas lebih besar dari pembentukan panas tubuh, suhu tubuh akan menurun. Untuk mempertahankan agar selalu berada pada titik yang konstan dalam suhu internal tubuh, mekanisme ini harus selalu mengukur secara akurat temperatur tubuh setiap saat dan mengatur sesuai kebutuhan. Sistem ini dikenal sebagai sistem thermoregulasi (King, 2004).

### **2.3.2. Pembentukan Panas Tubuh**

Tubuh manusia mampu menghasilkan panas secara mandiri dan tidak tergantung pada suhu lingkungan. Tubuh manusia memiliki seperangkat sistem yang memungkinkan tubuh menghasilkan, mendistribusikan dan mempertahankan suhu tubuh dalam keadaan konstan. Panas yang dihasilkan tubuh sebenarnya merupakan produk tambahan proses metabolisme yang utama.

Berikut ini faktor-faktor yang penting dalam proses pembentukan panas dalam tubuh manusia (Guyton & Hall, 2008):

1. Laju metabolisme basal semua sel tubuh.

Metabolisme basal adalah jumlah minimal energi yang dipergunakan untuk proses-proses vital dalam tubuh.

2. Laju metabolisme tambahan yang disebabkan oleh aktivitas otot, termasuk kontraksi otot yang disebabkan oleh menggigil.

3. Metabolisme tambahan yang disebabkan oleh pengaruh hormon tiroksin (dan sebagian kecil hormon lain, seperti hormon pertumbuhan dan testosteron) terhadap sel.
4. Metabolisme tambahan yang disebabkan oleh pengaruh epinefrin, norepinefrin, dan perangsangan simpatis terhadap sel.
5. Metabolisme tambahan yang disebabkan oleh meningkatnya aktivitas kimiawi dalam sel sendiri, terutama bila suhu di dalam sel meningkat.
6. Metabolisme tambahan yang diperlukan untuk pencernaan, absorpsi, dan penyimpanan makanan (efek termogenik makanan).

### **2.3.3. Pertukaran Panas Tubuh dengan Lingkungan**

Suhu tubuh dapat mengalami pertukaran dengan lingkungan, artinya panas tubuh dapat hilang atau berkurang akibat lingkungan yang lebih dingin. Begitu juga sebaliknya, lingkungan yang panas dapat mempengaruhi suhu tubuh manusia. Pada pengaturan panas dalam tubuh manusia, sangat penting bahwa tubuh dapat mentransfer panas internal ke luar lingkungan eksternal. Dalam hal ini kulit sangat berperan penting dalam proses pertukaran panas dengan lingkungan. Panas akan dipindahkan ke kulit melalui darah yang melewati pembuluh darah kulit, kemudian dari kulit akan ditransfer ke lingkungan eksternal melalui salah satu dari empat cara berikut (King, 2004) :

1. Konduksi

Konduksi adalah pertukaran panas antara tubuh ke material lain atau lingkungan sekitar melalui kontak langsung. Panas dari dalam tubuh dapat ditransfer dari jaringan ke jaringan lain yang berdekatan hingga mencapai permukaan kulit yang kemudian dilepaskan ke atmosfer. Mekanisme ini dapat bekerja dua arah. Jika benda panas ditekan terhadap permukaan kulit, panas dari objek akan ditransfer ke kulit.

2. Konveksi

Konveksi melibatkan pergerakan panas dari satu tempat ke tempat yang lain melalui pergerakan gas atau cairan yang melewati permukaan panas. Panas akan mengalami pertukaran dengan lingkungan melalui pergerakan

molekul udara yang melewati permukaan kulit. Semakin besar pergerakan udara, semakin besar perpindahan panas melalui konveksi. Ketika dikombinasikan dengan konduksi, konveksi dapat menyebabkan tubuh mendapatkan panas ketika lingkungan lebih panas dari kulit.

### 3. Radiasi

Radiasi adalah pertukaran panas tubuh dengan lingkungan dalam bentuk gelombang elektromagnetik infra merah. Kulit secara konstan memancarkan panas ke segala arah menuju objek-objek yang berdekatan, seperti pakaian atau perabot rumah tangga. Tubuh juga dapat menerima panas dari benda-benda yang berada di sekitarnya melalui radiasi dari benda tersebut yang suhunya lebih besar dari kulit.

### 4. Evaporasi

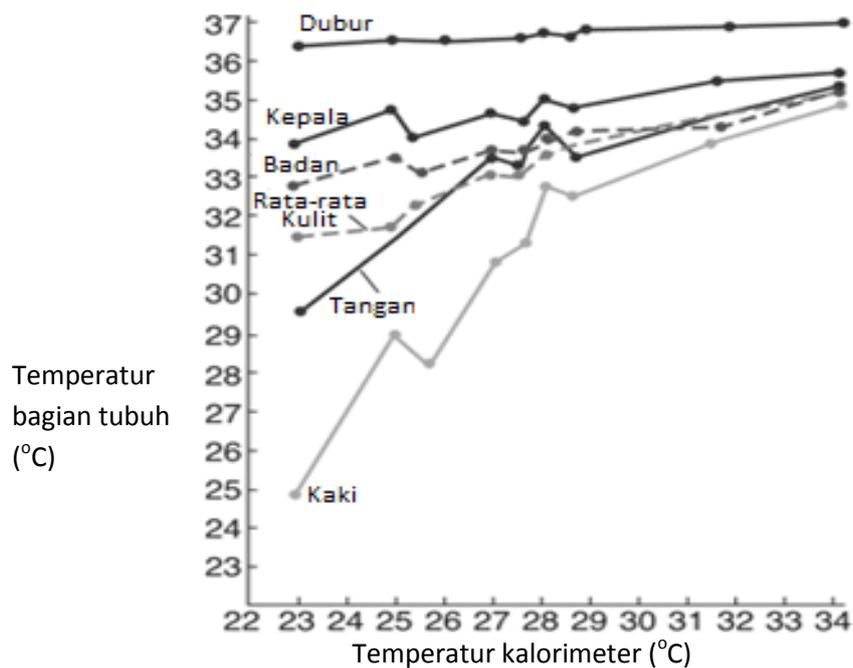
Evaporasi (penguapan air dari kulit) dapat memfasilitasi perpindahan panas tubuh. Evaporasi merupakan jalan utama tubuh untuk mengeluarkan panas, seperti halnya cairan menguap, panas akan hilang ke lingkungan eksternal. Evaporasi menyumbang sekitar 80% dari total panas yang hilang pada saat tubuh beraktivitas, dan 20% saat keadaan istirahat.

Air menguap karena molekul tersebut menyerap panas dari lingkungan dan menjadi cukup aktif (bergetar cukup cepat) untuk menjadi uap air. Penguapan dari permukaan tubuh menghilangkan jumlah besar panas tubuh. Untuk setiap gram air menguap, sekitar 0,58 kkal panas yang dikeluarkan dari tubuh (Marieb & Hoehn, 2006).

#### **2.3.4. Mekanisme Thermoregulasi**

Pada manusia nilai temperatur normal pada pengukuran oral adalah 37 °C (98,6 °F), tetapi sebagian besar orang dewasa muda normal, suhu oral rata-rata pada pagi hari 36,7 °C, dengan standar deviasi 0,2 °C. Oleh karena itu, orang dewasa muda diharapkan memiliki suhu oral pagi hari 36,3-37,1 °C. Beberapa bagian tubuh berada pada temperatur yang berbeda, dan besarnya perbedaan suhu antara bagian bervariasi dengan suhu lingkungan (Gambar 1). Kaki umumnya lebih dingin daripada bagian tubuh. Suhu skrotum diatur pada suhu 32 °C. Suhu

rektal merupakan perwakilan dari suhu inti tubuh dan bervariasi sedikit dengan perubahan suhu lingkungan. Suhu oral biasanya 0,5 ° C lebih rendah dari suhu rektal, tetapi dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk mengonsumsi cairan panas atau dingin, permen karet, merokok, dan pernapasan mulut (Barrett *et al.*, 2010).



Gambar 1. Suhu dari berbagai bagian tubuh.  
 Sumber: (Barrett *et al.*, 2010)

Suhu dalam tubuh menggambarkan keseimbangan antara produksi panas dan kehilangan panas. Walaupun semua jaringan tubuh menghasilkan panas, mereka yang paling aktif saat metabolisme akan menghasilkan jumlah yang besar. Ketika tubuh diam, sebagian besar panas dihasilkan oleh hati, jantung, otak, dan organ endokrin, dengan otot rangka yang tidak aktif hanya menghasilkan 20-30%. Situasi ini berubah secara dramatis bahkan dengan sedikit perubahan impuls otot, namun selama olahraga berat, produksi panas oleh otot rangka dapat meningkat 30 sampai 40 kali dari kondisi istirahat. Hal ini menjelaskan bahwa perubahan

dalam aktivitas otot merupakan salah satu sarana paling penting dalam perubahan suhu tubuh (Marieb & Hoehn, 2006).

Hipotalamus khususnya area preoptik merupakan pusat integrasi utama untuk pengaturan suhu tubuh. Hipotalamus menerima input aferen dari termoreseptor perifer yang terletak di kulit, dan termoreseptor pusat yang sensitif terhadap suhu darah, terletak pada tubuh bagian dalam terutama ditemukan di medula spinalis, di organ dalam abdomen, di dalam atau di sekitar vena-vena besar termasuk pada bagian anterior hipotalamus (Marieb & Hoehn, 2006).

Bila pusat suhu hipotalamus mendeteksi bahwa suhu tubuh terlalu panas atau terlalu dingin, hipotalamus akan memberikan prosedur penurunan atau peningkatan suhu yang sesuai melalui mekanisme efektor neuron yang menurunkan atau meningkatkan suhu tubuh dengan gambaran sebagai berikut (Guyton & Hall, 2008):

1. Mekanisme penurunan suhu bila tubuh terlalu panas.

- a. Vasodilatasi pembuluh darah kulit

Apabila suhu tubuh meningkat melebihi rentang nilai normal maka pembuluh darah kulit akan mengalami vasodilatasi. Hal ini disebabkan oleh hambatan pusat simpatis di hipotalamus posterior yang menyebabkan vasokonstriksi. Vasodilatasi penuh akan meningkatkan kecepatan perpindahan panas ke kulit sebanyak delapan kali lipat.

- b. Mekanisme bekeringat

Ketika suhu inti tubuh meningkat di atas nilai kritis 37 °C menyebabkan pengeluaran keringat untuk membuang panas melalui evaporasi. Peningkatan suhu tubuh tambahan sebesar 1 °C, menyebabkan pengeluaran keringat yang cukup banyak untuk membuang 10 kali kecepatan pembentukan panas tubuh basal.

- c. Penurunan pembentukan panas

Ketika suhu tubuh meningkat, mekanisme yang menyebabkan pembentukan panas berlebihan seperti menggigil dan termogenesis kimia akan dihambat dengan kuat.

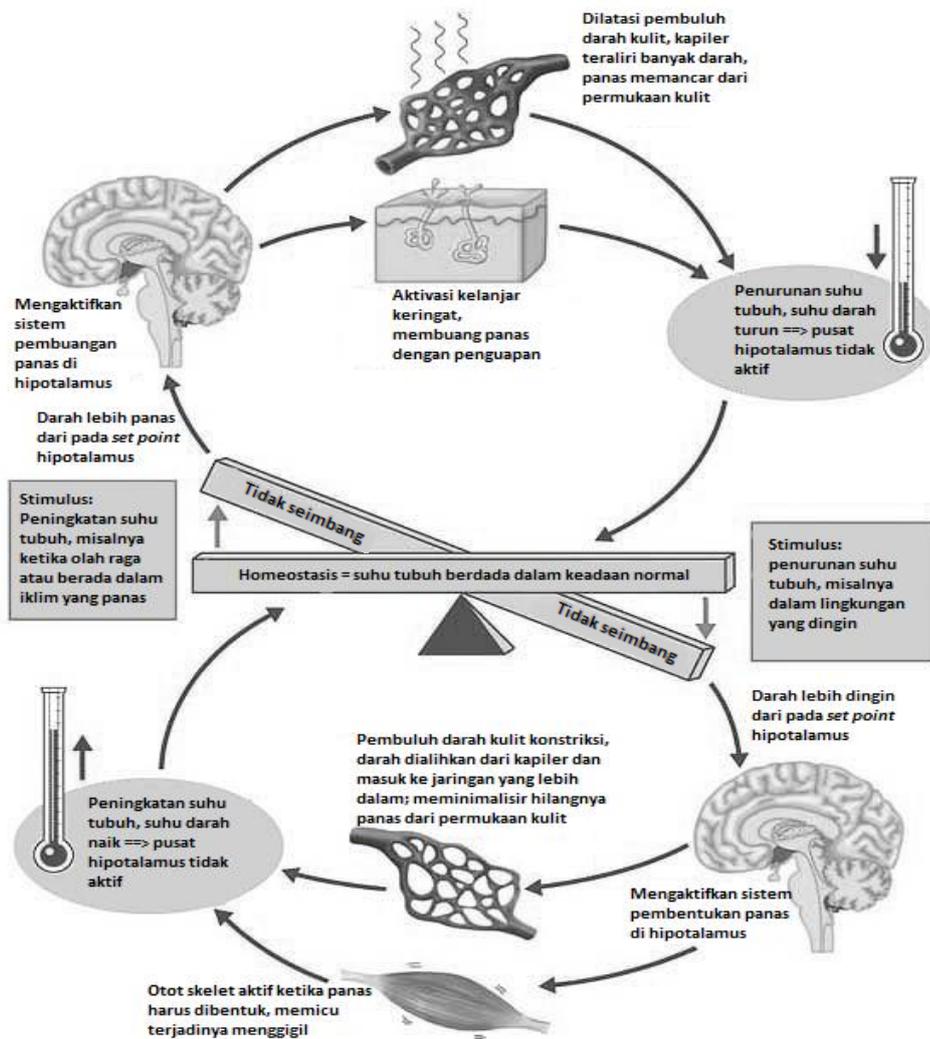
2. Mekanisme peningkatan suhu saat tubuh terlalu dingin.

a. Vasokonstriksi pembuluh darah kulit

Ketika suhu tubuh terlalu dingin maka pembuluh darah kulit di seluruh tubuh akan mengalami vasokonstriksi. Hal ini disebabkan oleh rangsangan dari pusat simpatis hipotalamus posterior.

b. Peningkatan termogenesis

Pembentukan panas oleh sistem metabolisme meningkat dengan memicu terjadinya menggigil, rangsangan simpatis untuk pembentukan panas, dan sekresi tiroksin.



Gambar 2. Mekanisme Termoregulasi Tubuh Manusia  
Sumber: (Marieb & Hoehn, 2006)

## 2.4. Efek Tekanan Panas Terhadap Tubuh

### 2.4.1. Respon Fisiologis Tubuh Terhadap Tekanan Panas

Suhu lingkungan yang nyaman bagi orang Indonesia adalah antara 24 - 26 °C. Seseorang akan merasa nyaman ketika bekerja pada kisaran suhu tersebut namun tetap harus disesuaikan dengan jenis pekerjaannya. Produktivitas, efisiensi dan efektivitas kerja juga akan sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim (cuaca) kerja. Suhu panas dapat mempengaruhi kondisi fisiologi tubuh seseorang. Tubuh berespon dan menyesuaikan diri terhadap suhu panas lingkungan yang diterimanya. Suhu panas dapat mengurangi kelincahan, memperpanjang waktu reaksi dan memperlambat waktu pengambilan keputusan, mengganggu kecermatan kerja otak, mengganggu koordinasi saraf perasa dan motoris, serta memudahkan emosi untuk dirangsang (Suma'mur, 2009). Berikut ini beberapa hal respon tubuh terhadap tekanan panas:

1. Perubahan kerja sistem kardiovaskular.

Tekanan panas akan memberikan dampak langsung terhadap beberapa mekanisme kontrol *stroke volume* seperti *preload*, *afterload*, dan *inotropy* serta kontrol regulasi denyut jantung (Wilson & Crandall, 2011).

- a. *Preload*

Pada pemanasan seluruh tubuh akan menurunkan *preload* jantung dan tekanan vena sentral. Alasan penurunan *preload* selama stres panas ini adalah multifaktorial, berhubungan dengan distribusi volume darah, curah jantung, aliran balik vena, dan konduktansi vaskular.

- b. *Afterload*

Stres panas akan menurunkan sedikit tekanan arteri rata-rata meskipun curah jantung meningkat sedangkan konduktansi vaskular sistemik meningkat. Hal ini disebabkan karenan peningkatan yang besar pada konduktansi vaskular kulit.

- c. *Inotropy*

Stress panas akan menurunkan *preload*, namun *stroke volume* tetap dijaga atau sedikit meningkat. Pemeriksaan dengan menggunakan *radionucleotide* dan *echocardiography* pada pembebanan panas

tubuh, menunjukkan peningkatan kenaikan fraksi ejeksi hal ini mengindikasikan efek inotropik positif pada pembebanan panas seluruh tubuh.

d. Kontrol dan regulasi denyut jantung

Tekanan panas dapat meningkatkan suhu internal tubuh yang dapat menyebabkan stres yang signifikan terhadap sistem kardiovaskular. Untuk menghilangkan panas dalam tubuh aliran darah kulit akan meningkat hingga 7500 ml/menit dibandingkan keadaan normotermia yang kurang lebih 300 ml/menit (Brothers *et al.*, 2009). Curah jantung selama stres panas akan meningkat di atas 10 L/menit. Karena *stroke volume* dipertahankan atau sedikit meningkat, maka peningkatan denyut jantung merupakan fungsi utama untuk meningkatkan curah jantung. Kontrol dan regulasi denyut jantung dihubungkan dengan efek langsung suhu panas terhadap nodus sinoatrial dan efek saraf otonom yang disebabkan oleh reflek baroreseptor.

2. Perubahan kecepatan aliran darah serebral dan gangguan toleransi ortostatik.

Tekanan panas dapat menyebabkan gangguan toleransi ortostatik dibandingkan dengan keadaan normotermia. Meskipun berkurangnya toleransi ortostatik belum jelas mungkin berhubungan dengan faktor-faktor yang langsung maupun tidak langsung mempengaruhi tekanan perfusi otak, aliran darah otak dan oksigenasinya sehingga tekanan panas dapat menurunkan kecepatan aliran darah serebral yang berkontribusi terhadap intoleransi ortostatik (Wilson *et al.*, 2006).

3. Melemahnya vasokonstriksi pembuluh darah perifer.

Komponen primer dalam regulasi tekanan darah selama keadaan ortostatik/berdiri tegak adalah meningkatkan tahanan vaskular. Tahanan vaskular dapat meningkat melalui beberapa cara seperti peningkatan saraf simpatik eferen dan mekanisme lokal seperti respon venoarteriolar. Vasokonstriksi pembuluh darah dibangkitkan melalui respon venoarteriolar ketika tekanan vena transmural meningkat pada kulit, subkulit dan sistem

vaskular otot. Pada saat tubuh menerima beban panas yang cukup besar, *heat stress* dapat melemahkan respon venoarteriolar yang akan memberikan kontribusi terhadap penurunan kontrol tekanan darah dan mengurangi toleransi ortostatik (Brothers *et al.*, 2009).

#### **2.4.2. Penyakit yang Dihubungkan dengan *Heat Stress***

Gangguan yang dialami tubuh ketika terjadi *heat stress*, dikarenakan mekanisme termoregulasi tubuh gagal mengkompensasi peningkatan suhu tubuh. Beberapa penyakit yang sering dihubungkan oleh *heat stress* adalah sebagai berikut (CDC, 2010):

1. *Heat stroke*, adalah gangguan yang berhubungan dengan panas yang paling serius. Hal ini terjadi ketika tubuh menjadi tidak mampu mengontrol suhu. Suhu tubuh meningkat dengan cepat, mekanisme berkeringat gagal, dan tubuh tidak mampu untuk mendinginkan. Suhu tubuh dapat naik sampai 41 °C. *Heat stroke* dapat menyebabkan kematian atau cacat permanen jika perawatan darurat tidak diberikan.
2. *Heat cramp*, merupakan kejang panas yang dikarenakan kehilangan garam dalam tubuh melalui keringat akibat stres panas. Garam dalam tubuh akan berkurang sampai ke tingkat yang rendah dan menyebabkan kejang.
3. *Heat exhaustion*, merupakan kelelahan panas akibat kekurangan cairan tubuh selama terpapar stres panas. Tubuh akan mengalami dehidrasi dan dapat menyebabkan gangguan sirkulasi.
4. *Heat rash*, adalah gangguan yang berhubungan dengan panas yang ditandai dengan iritasi kulit disebabkan oleh keringat yang berlebihan selama stres panas. Akan terjadi sekelompok ruam-ruam merah pada kulit, dan sering terjadi pada leher, dada bagian atas, di selangkangan, di bawah payudara, dan di lipatan siku.

## 2.5. Tekanan Darah

### 2.5.1. Definisi Tekanan Darah

Tekanan darah adalah daya yang dihasilkan oleh darah terhadap setiap satuan luas dinding pembuluh darah. Tekanan darah hampir selalu dinyatakan dalam milimeter air raksa (mmHg) karena manometer air raksa telah dipakai sejak lama sebagai rujukan baku untuk pengukuran tekanan darah. Jika seseorang dinyatakan bahwa tekanan dalam pembuluh darah adalah 100 mmHg berarti bahwa daya yang dihasilkan cukup untuk mendorong kolom air raksa melawan gravitasi sampai setinggi 100 milimeter (Guyton & Hall, 2008).

Tekanan darah ditentukan oleh kecepatan aliran darah yang dihasilkan oleh curah jantung (*cardiac output*), dan resistensi pembuluh darah. Resistensi ini terutama dihasilkan di arteriola dan dikenal sebagai resistensi vaskular sistemik atau resistensi pembuluh darah perifer (Anonim, 2011).

Tekanan darah = *cardiac output*(CO) x resistensi vaskular sistemik (RVS)

Pembuluh darah memberikan tahanan terhadap aliran darah karena gesekan antara aliran darah yang mengalir dan dinding pembuluh darah. Resistensi vaskular perifer mengacu terhadap jumlah total resistensi pembuluh darah dalam sirkulasi sistemik. Dikarenakan diameter pembuluh darah yang kecil-kecil, arteriola memberikan resistensi yang sangat besar dalam aliran darah sistemik. Penyesuaian diameter arteriola memberikan efek yang besar terhadap resistensi vaskular perifer sehingga memiliki efek yang signifikan terhadap tekanan arteri rata-rata (Arthur *et al.*, 2001).

Mekanisme fisiologis untuk mempertahankan tekanan darah adalah sebagai berikut (Anonim, 2011) :

#### a. Respon sistem saraf otonom

Sistem saraf otonom regulator paling cepat merespon tekanan darah dan menerima informasi terus menerus dari baroreseptor yang terletak di sinus karotis dan arkus aorta. Informasi ini diteruskan ke batang otak ke pusat vasomotor. Penurunan tekanan darah menyebabkan aktivasi sistem saraf simpatik sehingga meningkatkan kontraktilitas jantung diperantarai reseptor beta dan vasokonstriksi arteri dan vena diperantarai reseptor alfa.

b. Mekanisme pergeseran cairan kapiler

Mekanisme pergeseran cairan kapiler mengacu pada pertukaran cairan yang terjadi di membran kapiler antara darah dan cairan interstisial. Gerakan cairan dikontrol oleh tekanan darah kapiler, tekanan cairan interstisial dan tekanan osmotik koloid plasma. Tekanan darah yang rendah mengakibatkan cairan bergerak dari ruang interstisial ke dalam sirkulasi membantu untuk memulihkan volume darah dan tekanan darah.

c. Respon hormonal

Mekanisme hormonal dapat menurunkan dan meningkatkan tekanan darah dalam berbagai cara termasuk vasokonstriksi, vasodilatasi dan perubahan volume darah. Hormon-hormon utama meningkatkan tekanan darah seperti adrenalin dan renin angiotensin.

d. Mekanisme keseimbangan cairan dan ginjal

Sistem ini bertanggung jawab untuk pemeliharaan jangka panjang tekanan darah tetapi juga diaktifkan sangat cepat dengan adanya hipotensi. Ginjal membantu mengatur tekanan darah dengan meningkatkan atau menurunkan volume darah dan juga oleh sistem renin-angiotensin.

Tekanan darah aorta dan arteri brachialis atau arteri besar lainnya pada dewasa muda normalnya adalah 120/70 mmHg. Angka 120 adalah tekanan darah sistolik, yaitu menunjukkan tekanan pembuluh darah arteri saat jantung berkontraksi. Angka 70 adalah tekanan darah diastolik, menunjukkan tekanan pembuluh darah arteri saat jantung relaksasi (Marieb & Hoehn, 2006).

Pengukuran tekanan darah dapat dilakukan dengan metode auskultasi yang telah lama digunakan secara klinis. Namun secara bertahap digantikan dengan metode lain yang lebih cocok untuk pengukuran secara otomatis. Metode auskultasi yang digunakan untuk pengukuran tekanan darah yaitu (Thomas *et al.*, 2005):

a. *Mercury Sphygmomanometers*

Pengukuran tekanan darah dengan menggunakan manometer air raksa. Metode yang dianggap sebagai standar emas dalam pengukuran tekanan darah.

*b. Aneroid Sphygmomanometers*

Pengukuran tekanan darah yang menggunakan sistem mekanis logam, tanpa cairan. Metode ini dianggap kurang akurat dari *mercury sphygmomanometers* dan memerlukan kalibrasi secara berkala.

*c. Hybrid Sphygmomanometers*

Perangkat merupakan gabungan dari perangkat elektronik dan auskultasi. Fitur utama adalah bahwa kolom merkuri diganti dengan alat pengukur tekanan elektronik.

### **2.5.2. Tekanan Darah Postural**

Postural berasal dari kata postur yang berarti menempatkan atau tempat. Postural berkenaan dengan sikap atau posisi tubuh, sikap dari tubuh secara keseluruhan atau posisi anggota badan. Hipotensi postural adalah penurunan tekanan darah karena perubahan posisi tubuh (perubahan dalam postur). Dalam hal ini bisa dari duduk ke berdiri atau dari berbaring ke duduk atau berdiri (Anonim, 2011).

Pada manusia di bumi, sirkulasi darah melawan gaya gravitasi. Gravitasi mempengaruhi distribusi cairan. Pada saat berdiri, volume darah bergeser menuju pembuluh darah splanknikus, panggul dan kaki. Hal ini dikarenakan gravitasi akibat perubahan postural sehingga cairan berpindah. Akan tetapi sistem saraf otonom akan menjaga agar tekanan darah tetap terjaga pada saat perubahan posisi sehingga mencegah penurunan lebih lanjut dalam pengembalian darah vena ke jantung. Selain itu otot kaki juga berperan penting dalam pengembalian vena yang disebut sebagai pompa otot (Janneke, 2005).

Pengukuran tekanan darah postural dapat dilakukan dari posisi duduk ke berdiri atau dari berbaring ke duduk atau berdiri. Pengukuran dilakukan setelah 3 menit atau lebih dari perubahan posisi (Timothy, 2010).

### **2.5.3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Tekanan Darah**

Tekanan darah dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor sebagai berikut  
(*American Heart Association [AHA], 2011*) :

1. Usia

Usia mempengaruhi tekanan darah, semakin tua usia maka fleksibilitas pembuluh darah akan berkurang sehingga tekanan darah semakin meningkat.

2. Aktivitas Fisik

Aktivitas fisik baik untuk jantung dan pembuluh darah. Pola hidup yang tidak aktif akan meningkatkan kemungkinan tekanan darah.

3. Jenis Kelamin

Pria memiliki persentase tekanan darah tinggi lebih tinggi dari pada wanita sampai usia 45 tahun. Antara usia 45 sampai dengan 54 dan 55 sampai dengan 64 memiliki persentase serupa. Setelah itu wanita memiliki persentase lebih tinggi dari pada pria.

4. Gizi

Orang dengan kelebihan berat badan akan memiliki tingkat kolesterol dalam darah dan trigliserida yang tinggi, namun kolesterol baik (HDL) dalam darah akan turun, sehingga dapat mengganggu sirkulasi dan mempengaruhi tekanan darah. Sedangkan orang yang memiliki berat badan yang kurang dalam hal ini gizi buruk akan menderita hipotensi.

5. Alkohol

Konsumsi alkohol yang sering dan berlebihan akan meningkatkan tekanan darah secara dramatis. Konsumsi alkohol juga menjadi faktor peningkatan berat badan.

6. Merokok

Merokok dapat menyebabkan kerusakan pembuluh darah sehingga meningkatkan risiko tekanan darah tinggi.

## 7. *Heat stress*

*Heat stress* dapat memberikan pengaruh langsung terhadap tekanan darah. Iklim panas yang tinggi menyebabkan vasodilatasi pembuluh darah terutama di kulit untuk membuang panas dalam tubuh. Tekanan arteri rata-rata dapat mengalami penurunan karena terjadinya peningkatan yang cukup besar kecepatan aliran darah di kulit (Wilson & Crandall, 2011). Selain itu orang yang terpapar iklim panas yang tinggi akan terjadi peningkatan keringat yang berlebih sehingga dapat kehilangan cairan dan garam yang menyebabkan penurunan tekanan darah (Suma'mur, 2009).

## 8. Stres

Emosi, rasa takut, kecemasan dapat meningkatkan tekanan darah. Hal ini berhubungan dengan sistem saraf otonom yang mempengaruhi tekanan darah saat kondisi stres.

## **2.6. Kesehatan dan Keselamatan Kerja**

### **2.6.1. Definisi Kesehatan dan Keselamatan Kerja**

Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 1946 mendefinisikan kesehatan dalam artian yang luas yaitu suatu keadaan yang sempurna baik secara fisik, mental, dan sosial serta tidak hanya bebas dari penyakit atau kelemahan.

Menurut UU No.36 tahun 2009 tentang kesehatan menyatakan bahwa kesehatan adalah keadaan sehat, baik secara fisik, mental, spiritual maupun sosial yang memungkinkan setiap orang untuk hidup produktif secara sosial dan ekonomis. Dalam pengertian ini maka kesehatan harus dilihat sebagai satu kesatuan yang utuh terdiri dari unsur-unsur fisik, mental dan sosial dan di dalamnya kesehatan jiwa merupakan bagian integral kesehatan.

Selain itu untuk menghadapi kondisi di segala tempat yang berpengaruh terhadap kelangsungan hidup manusia dalam lingkungannya, maka diperlukan kesehatan matra. Kesehatan matra adalah upaya kesehatan yang dilakukan untuk meningkatkan kemampuan fisik dan mental guna menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang berubah secara bermakna baik lingkungan darat, udara, angkasa,

maupun air (Kainfolahtha, 2008). Ruang lingkup kesehatan matra menurut pedoman kesehatan matra Depkes yang ditetapkan melalui Kepmenkes 1215/Menkes/SK/XI/2001 adalah kesehatan lapangan, kesehatan kelautan dan di bawah air, dan kesehatan kedirgantaraan.

Kesehatan kerja menurut WHO tahun 1950 adalah kesehatan fisik maupun psikis pekerja sehubungan dengan pekerjaannya yang mencakup metode kerja, kondisi kerja dan lingkungan kerja yang mungkin dapat menyebabkan kecelakaan, penyakit maupun perubahan kesehatan pekerja. Sedangkan menurut WHO/ILO (1995), kesehatan kerja bertujuan untuk peningkatan dan pemeliharaan derajat kesehatan fisik, mental dan sosial yang setinggi-tingginya bagi pekerja di semua jenis pekerjaan, pencegahan terhadap gangguan kesehatan pekerja yang disebabkan oleh kondisi pekerjaan, perlindungan bagi pekerja dalam pekerjaannya dari risiko akibat faktor yang merugikan kesehatan, dan penempatan serta pemeliharaan pekerja dalam suatu lingkungan kerja yang disesuaikan dengan kondisi fisiologi dan psikologisnya (Balai Hiperkes dan K3 DIY, 2011).

Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja menyangkut segenap proses produksi dan distribusi baik barang maupun jasa. Keselamatan kerja adalah dari dan untuk setiap tenaga kerja serta orang lainnya dan juga masyarakat pada umumnya (Suma'mur, 2009).

### **2.6.2. Pandangan Islam Terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja**

Menurut Arifin (2008) Islam yang memiliki arti selamat sejahtera mencerminkan aspek keselamatan yang tidak hanya membicarakan hubungan jasmani tetapi sekaligus juga kebutuhan rohani dalam keadaan yang berimbang. Sedangkan kesehatan yang berasal dari kata dasar sehat atau *shihah* (bahasa Arab) adalah keadaan yang baik dan tidak ada penyakit, seluruh organ tubuhnya berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya. Oleh karena itu keselamatan dan kesehatan kerja yang cenderung berkaitan dengan faktor fisik, memerlukan pemeliharaan jiwa untuk mengembangkan dan memelihara jasmani dan rohani.

Dalam hal keselamatan, seorang pekerja terutamanya seorang muslim sepatutnya menjadikan Al-Quran dan Al-Hadits sebagai pegangan utama dalam melakukan pekerjaan. Ini karena Islam sangat mementingkan aspek keselamatan dan kesehatan kerja dalam seluruh kehidupan. Dalam bidang pekerjaan, Allah SWT telah menyediakan berbagai garis panduan bagi seseorang untuk menjalankan tugas pekerjaannya dengan baik. Allah SWT berfirman:

إِنَّ الَّذِينَ ءَامَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ أُولَٰئِكَ هُمْ خَيْرُ الْبَرِيَّةِ

Artinya: “Sesungguhnya orang – orang yang beriman dan mengerjakan amal sholeh mereka itu adalah sebaik-baik makhluk“. ( Qs. Al – Bayyinah [9] : 7 )

وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ

Artinya: “Dan janganlah kamu merugikan manusia pada hak-haknya dan janganlah kamu merajalela di muka bumi ini dengan membuat kerusakan“. ( Qs. Asy - Syu'ara [26] : 183 )

Dalam melakukan pekerjaan manusia dituntut untuk bekerja sebaik mungkin. Pengusaha ataupun pekerja ditekankan untuk memperhatikan keselamatan kerja, karena kondisi badan yang selamat atau sehat akan terhindar dari berbagai macam penyakit atau faktor lain yang dapat merugikan kesehatannya. Amal atau perbuatan dalam ayat di atas dapat dimaknai sebagai upaya seseorang untuk menjaga dirinya terhindar dari kecelakaan kerja (Arifin, 2008).

Dalam pandangan islam terhadap kesehatan dan keselamatan kerja Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Drs. H. A. Muhaimin Iskandar, M.Si, dalam upacara Peringatan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) tanggal 12 Januari 2010 menyampaikan pandangannya antara lain (Ibnu, 2010) :

Islam menganjurkan umatnya untuk bekerja yang dilakukan hanya dengan niat semata-mata karena Allah untuk mendapatkan kebahagiaan hidup di dunia berupa rizki dan kebahagiaan di akhirat. Oleh karena itu bekerja merupakan ibadah terhadap Allah untuk mendapatkan keberkatan rizki yang diperolehnya lebih-lebih untuk bekal di akhirat yang abadi. Sebagaimana dalam Firman Allah dalam Surah Al - Qashash [28] : 77:

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ  
مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْفُسَادَ فِي  
الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

Artinya : “ Dan carilah (pahala) negeri akhirat dengan apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu, tetapi janganlah kamu lupakan bagianmu di dunia dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik padamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi. Sungguh Allah tidak menyukai orang yang berbuat kerusakan.”

Begitu juga Islam memerintahkan kita melakukan sesuatu pekerjaan dengan cara yang sebaik-baiknya dengan mengutamakan menjaga keselamatan dan kesehatan. Ini sesuai dengan firman Allah dalam Surah Al - Baqarah [2] : 195 yang berbunyi:

وَأَنْفِقُوا فِي سَبِيلِ اللَّهِ وَلَا تُلْقُوا بِأَيْدِيكُمْ إِلَى التَّهْلُكَةِ وَأَحْسِنُوا إِنَّ اللَّهَ يُحِبُّ  
الْمُحْسِنِينَ

Artinya : “Dan infakkanlah (hartamu) di jalan Allah dan janganlah kamu jatuhkan (diri sendiri) dalam kebinasaan dengan tangan sendiri, dan berbuat baiklah. Sungguh, Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik”.

Islam adalah agama yang sangat menjunjung tinggi keselamatan bagi pemeluknya. Islam dalam Al Qur'an dan Hadist melarang umat untuk membuat kerusakan pada lingkungan, dan diri sendiri. Banyak contoh seperti penyalahgunaan obat-obatan terlarang jelas menganiaya diri sendiri. Berperilaku tidak aman dan sehat serta tidak menjaga lingkungan tetap aman dan sehat, adalah terjemahan dari segala larangan Allah SWT, baik yang termaktup dalam Alquran maupun Hadist. Dengan berperilaku yang aman dan sehat kita akan menjaga lingkungan hidup kita, karena Allah SWT menciptakan alam semesta ini untuk dijaga demi kemaslahatan seluruh umat manusia. Allah SWT Berfirman dalam Surah Al - An'am [6] : 17

وَإِنْ يَمَسُّكَ اللَّهُ بِضُرٍّ فَلَا كَاشِفَ لَهُ إِلَّا هُوَ وَإِنْ يَمَسُّكَ  
بِخَيْرٍ فَهُوَ عَلَىٰ كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ

Artinya : "Dan jika Allah mengenakan (menimpa) engkau dengan bahaya bencana, maka tidak ada sesiapaupun yang dapat menghapusnya melainkan Dia sendiri dan jika ia mengenakan (melimpahkan) engkau dengan kebaikan, maka ia adalah Maha Kuasa atas tiap-tiap sesuatu".

Hubungannya kesehatan dan keselamatan kerja dengan Islam adalah sama sama mengingatkan umat manusia agar senantiasa berperilaku (berpikir dan bertindak) yang aman dan sehat dalam bekerja di tempat kerja (di kantor, di pabrik, di tambang, dan di mana tempat bekerja), dengan berperilaku aman dan sehat akan tercipta suatu kondisi atau lingkungan yang aman dan sehat. Dengan bekerja yang aman di tempat kerja, akan membawa keuntungan bagi diri sendiri maupun perusahaan tempat kerja.

## 2.7. Landasan Teori

Sumber bahaya yang ditemukan di tempat kerja sangat banyak, salah satunya adalah bahaya kondisi fisik berupa tekanan panas. Kondisi ini hampir pasti ditemui pada perusahaan industri di Indonesia, salah satunya di Perusahaan TS dan ED Aluminium Yogyakarta. Perusahaan ini merupakan industri peleburan aluminium yang kemudian dicetak menjadi alat-alat rumah tangga yang berkualitas. Dalam proses produksinya terdapat pekerja yang bekerja pada bagian tungku peleburan aluminium dengan paparan tekanan panas yang cukup tinggi. Paparan tekanan panas dalam jangka waktu pada saat bekerja dapat mengalami mengakibatkan penyakit akibat kerja.

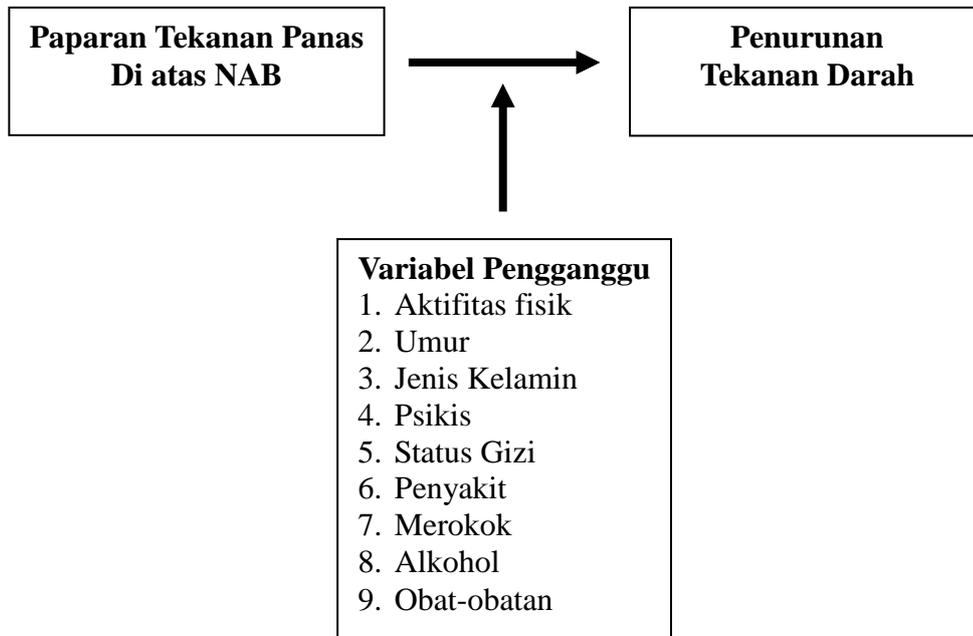
Tekanan panas akan berpengaruh langsung terhadap kondisi tubuh pekerja. Paparan tekanan panas yang melebihi nilai ambang batas akan menyebabkan peningkatan suhu internal tubuh baik melalui proses konduksi, radiasi maupun konveksi. Peningkatan suhu internal ini akan diikuti oleh respon sistem kardiovaskular. Jantung akan mengalami perubahan mekanis dan fungsinya untuk

merespon terhadap tubuh yang terpapar tekanan panas. Untuk menjaga agar suhu tubuh tetap berada pada kondisi normal maka jantung akan memompakan sejumlah darah dalam sirkulasi untuk mengatasi kenaikan suhu internal tubuh. Beban sirkulasi darah yang meningkat ini akan menyebabkan perubahan hemodinamik dalam sirkulasi darah, sehingga tekanan darah juga akan terpengaruh oleh keadaan tersebut.

Selain sistem kardiovaskuler yang merespon dari paparan tekanan panas, aliran darah serebral serta vasokonstriksi pembuluh darah perifer yang berperan untuk menjaga tekanan darah ketika dalam kondisi ortostatik juga akan terpengaruh. Kecepatan aliran darah serebral akan menurun pada seseorang yang mengalami paparan tekanan panas, selain itu respon venoarteriolar yang membangkitkan vasokonstriksi pembuluh darah perifer juga akan melemah. Keadaan tersebut diyakini memicu gangguan toleransi ortostatik akibat paparan tekanan panas.

## 2.8. Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. Kerangka Konsep

## 2.9. Hipotesis

Terdapat perbedaan tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas (*heat stress*) pada pekerja Perusahaan Industri TS dan ED Aluminium Yogyakarta.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Rancangan Penelitian**

##### **3.1.1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain *cross-sectional*.

#### **3.2. Populasi dan Sampel Penelitian**

##### **3.2.1. Populasi**

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pekerja pada bagian tungku peleburan alumunium di Perusahaan Industri TS dan ED Alumunium yang beralamat di Umbulharjo, Yogyakarta.

##### **3.2.2. Sampel**

Sampel penelitian adalah sebagian pekerja pada bagian tungku peleburan yang diambil untuk diteliti dan dianggap mewakili seluruh populasi. Perkiraan besar sampel dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_1 = N_2 = \left[ \frac{(Z_\alpha + Z_\beta)S}{X_1 - X_2} \right]^2$$

Dimana :

N : besar sampel

$Z_\alpha$  : deviat baku alfa, diambil 10%

$Z_\beta$  : deviat baku beta, diambil 20%

S : standar deviasi dari selisih nilai antar kelompok dari pustaka,  
9,47 mmHg

$X_1 - X_2$  : selisih minimal rerata yang dianggap bermakna, 5 mmHg

Sehingga didapatkan jumlah sampel sebagai berikut :

$$N_1 = N_2 = \left[ \frac{(1,645 + 0,842) \cdot 9,47}{5} \right]^2$$

$$= 22,18$$

Dibulatkan menjadi 23 pekerja.

Pengambilan sampel dilakukan dengan pembatasan subjek yang memenuhi kriteria inklusi sebagai berikut :

- a. Pekerja berusia 20 – 55 tahun
- b. Terpapar tekanan panas saat bekerja di atas nilai ambang batas (NAB) dan terpapar minimal selama atau lebih dari 4 jam.
- c. Masa kerja minimal 1 bulan.
- d. Kondisi tubuh sehat.

Kriteria eksklusi :

- a. Mengonsumsi alkohol.
- b. Menggunakan obat tertentu yang dapat mengganggu pengaturan suhu dan tekanan darah, seperti obat antipiretik, obat penenang, *antidepressant*, dan obat kardiovaskuler.
- c. Terdapat riwayat hipertensi/hipotensi.
- d. Terdapat riwayat penyakit jantung.

### **3.3. Variabel Penelitian**

#### **3.3.1. Variabel Bebas**

Variabel bebas penelitian ini adalah paparan tekanan panas (*heat stress*) dengan skala pengukuran nominal.

#### **3.3.2. Variabel Terikat**

Variabel terikat penelitian ini adalah tekanan darah dengan skala pengukuran numerik.

### **3.3.3. Variabel Pengganggu**

Variabel pengganggu penelitian ini adalah usia, penggunaan alkohol, riwayat penyakit hipertensi/hipotensi, riwayat penyakit jantung, stres, status gizi dan penggunaan obat-obat tertentu. Riwayat penyakit dan kebiasaan subjek penelitian diperoleh dengan menggunakan kuesioner.

## **3.4. Definisi Operasional**

### **1. Heat Stress**

Tekanan panas (*heat stress*) adalah intensitas tekanan panas di dalam lingkungan pekerjaan yang berasal dari proses produksi perusahaan yang diukur dengan alat *Quest temp*. Penelitian dilakukan terhadap tenaga kerja yang terpapar *heat stress* yang melebihi nilai ambang batas (NAB) sesuai dengan surat Kep-51/MEN/1999.

### **2. Tekanan Darah**

Tekanan darah sistole dan diastole yang diukur dalam dua posisi yakni posisi berbaring dan berdiri dengan menggunakan *Sphygmomanometer*. Pengukuran tekanan darah dilakukan tidak lebih dari 30 menit saat sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.

### **3. Usia**

Merupakan umur pekerja yang dihitung sejak tanggal lahir hingga tanggal ulang tahun terakhir.

### **4. Masa kerja**

Merupakan lama waktu pekerja yang dimulai dari awal bekerja sampai saat penelitian ini dilakukan.

### **3.5. Instrumen Penelitian**

Untuk mendapatkan data penelitian, instrumen penelitian yang digunakan adalah :

#### **1. *Quest temp***

Merupakan alat yang digunakan untuk mengukur intensitas tekanan panas yaitu dengan pengukuran *Wet Bulb Globe Thermometer ( WBGT)* di tempat kerja.

#### **2. *Sphygmomanometer***

Alat yang digunakan untuk mengukur tekanan darah pada tenaga kerja. Pengukuran dilengkapi dengan *stetoscope* untuk mengetahui bunyi jantung sistole dan diastole.

#### **3. Termometer digital**

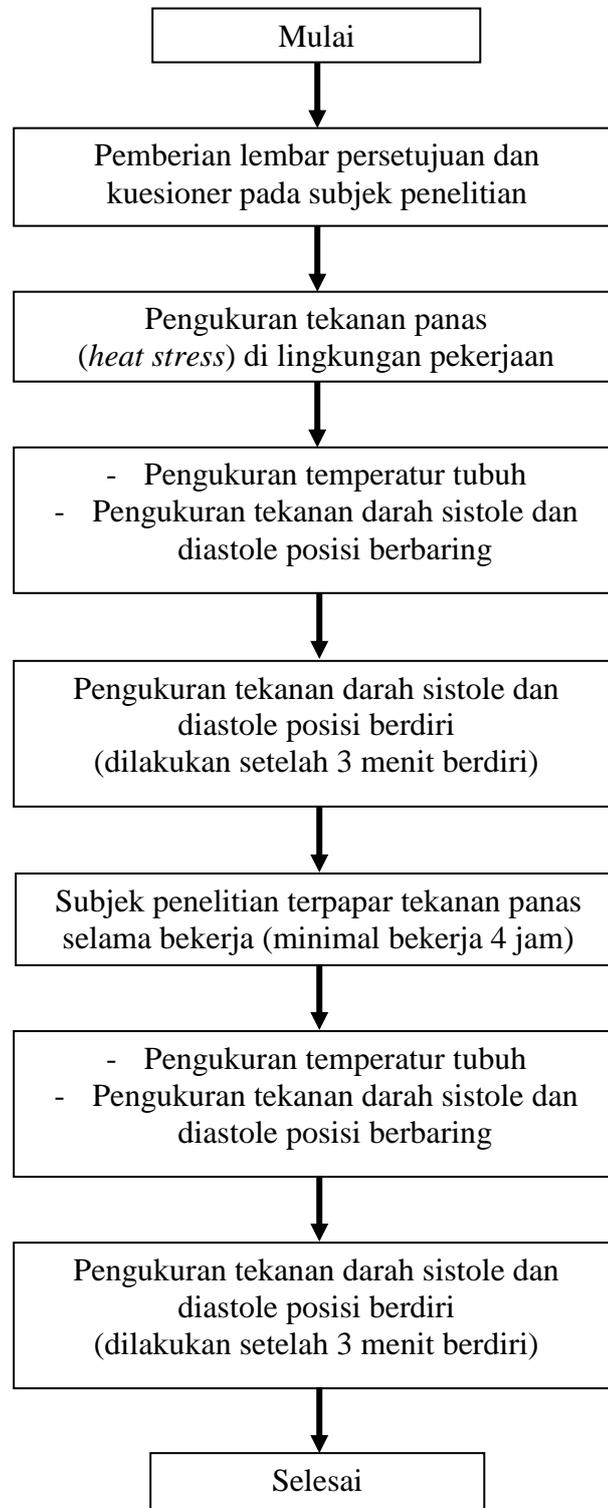
Alat yang digunakan untuk mengukur temperatur tubuh. Pengukuran temperatur tubuh dengan menggunakan temperatur aksila yang diletakan pada ketiak kemudian ditunggu selama lima menit.

#### **4. Kuesioner**

Kuesioner digunakan dalam penelitian ini untuk memperoleh data pribadi pekerja, penyakit yang pernah dialami, riwayat penyakit terdahulu, kebiasaan pekerja dan lain-lain.

### 3.6. Alur Penelitian

Alur pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :



### **3.7. Tahap Penelitian**

#### **3.7.1. Tahap Penelitian**

Tahap penelitian ini melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Tahap Pengajuan Judul dan Proposal

Pada tahap ini dilakukan pengajuan judul dan proposal penelitian.

2. Tahap Persiapan

Pada tahap ini meliputi seminar proposal penelitian, pengurusan izin penelitian, dan melengkapi instrumen penelitian.

3. Tahap Pelaksanaan

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data melalui observasi, penjelasan prosedur penelitian, wawancara, pengisian kuesioner, pengisian lembar persetujuan pemeriksaan, pengukuran tekanan panas, pengukuran suhu tubuh, dan pengukuran tekanan darah.

4. Tahap Akhir

Pada tahap akhir penelitian meliputi pengolahan data, analisa data, menyusun laporan hasil penelitian dan pembahasan sesuai dengan referensi dan hasil penelitian.

5. Seminar Hasil

Hasil penelitian akan dipertanggung jawabkan melalui presentasi seminar hasil penelitian.

### **3.8. Rencana Analisis Data**

Data yang diperoleh dari penelitian kemudian akan dianalisis dengan :

1. Analisis univariat untuk mengetahui distribusi frekuensi masing-masing variabel.
2. Analisis bivariat untuk menguji apakah terdapat perbedaan tekanan darah yang bermakna antara sebelum dan sesudah paparan *heat stress*. Uji statistik dilakukan dengan uji t bebasangan atau Wilcoxon.
3. Analisis statistik dilakukan dengan program komputer SPSS versi 17.0.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Hasil Penelitian**

##### **4.1.1. Gambaran Umum Perusahaan**

Perusahaan Industri Aluminium cukup berkembang di kota Yogyakarta salah satunya banyak ditemui di daerah Kecamatan Umbulharjo. Mulai dari industri kecil-kecilan rumah tangga hingga perusahaan besar yang memproduksi bahan-bahan rumah tangga yang terbuat dari aluminium seperti wajan, panci, dandang, ketel serta alat dapur lainnya. Untuk perusahaan yang sudah maju ada juga yang memproduksi velg mobil yang terbuat dari aluminium.

Perusahaan Industri Aluminium yang menjadi tempat penelitian kali ini adalah Perusahaan Industri TS Aluminium dan ED Aluminium yang berada di Kecamatan Umbulharjo. Kedua perusahaan ini mempunyai karakteristik yang hampir sama, mulai dari proses produksi bahan hingga proses finishing. Penelitian ini dilakukan terhadap tenaga kerja yang terpapar panas yaitu pada tenaga kerja bagian produksi. Masing-masing perusahaan pada bagian produksi memiliki 2 buah tungku yang berfungsi melebur bahan aluminium dan 8 buah alat pencetak. Bahan yang digunakan pada tungku peleburan aluminium adalah oli bekas.

Hasil pengukuran dari komponen iklim kerja perusahaan ini diketahui dengan menggunakan alat *Quest temp*. Didapati kondisi paparan tekanan panas di bagian produksi tinggi yaitu 31,7 °C di perusahaan TS Aluminium, 32,6 °C di perusahaan ED Aluminium dan telah melebihi NAB, dimana berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No: Kep-51/MEN/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisik di Tempat Kerja, untuk pekerjaan dengan beban kerja sedang dimana bekerja 8 jam per hari dengan 25% istirahat tidak boleh melebihi 28,0° C. Jenis pekerjaan pada kedua perusahaan adalah pekerjaan dengan tingkat beban kerja sedang yaitu: berdiri, kerja pada mesin atau bongkar, kadang-kadang jalan dengan mengangkat atau mendorong beban yang sedang beratnya.

Sumber paparan panas di industri ini adalah proses produksi yang menggunakan tungku peleburan, alat pencetak yang terkena cairan panas

aluminium, serta hasil cetakan itu sendiri. Pada tabel berikut ini merupakan hasil pengukuran tekanan panas.

**Tabel 4. Hasil Pengukuran Tekanan Panas**

No	Lokasi	Parameter				ISBB (°C)
		Ta (°C)	Tb (°C)	Tg (°C)	Rh (%)	
<b>I TS Aluminium</b>						
1.	Titik 1	36,5	28,6	44,7	56	32,9
2.	Titik 2	34,8	27,9	36,9	54	30,5
Rata-rata						31,7
<b>II ED Aluminium</b>						
1.	Titik 1	36,4	29,5	48,1	43	35,1
2.	Titik 2	33,2	26,5	38,7	45	30,2
Rata-rata						32,6

Keterangan :

Ta = Suhu Kering

Tb = Suhu Basah

Tg = Suhu Globe

Rh = Kelembaban

ISBB = Index Suhu Basah dan Bola

#### **4.1.2. Analisis Univariat**

Analisis univariat dimaksudkan untuk mendiskripsikan masing-masing variabel dengan menggunakan tabel distribusi frekuensi.

##### **a. Karakteristik Responden**

Dari 29 orang pekerja di bagian produksi pada Perusahaan Industri TS Aluminium dan ED Aluminium, responden yang memenuhi kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah sebanyak 25 orang. Responden yang diambil dalam penelitian ini adalah hasil wawancara dengan penyebaran kuesioner pada semua tenaga kerja bagian produksi. Seluruh tenaga kerja bagian produksi berjenis kelamin laki-laki.

Karakteristik responden yang lain adalah seluruh responden yang berada dalam kondisi sehat, dengan riwayat kesehatan responden tidak menderita penyakit hipertensi, diabetes melitus, jantung dan ginjal. Selain itu juga tidak minum alkohol, tidak mengkonsumsi obat-batan. Umur responden antara 20 – 55 dengan rata-rata umur  $35 \pm 5$  tahun, berat badan  $56 \pm 9$  Kg, tinggi badan  $164 \pm 5$  cm. Distribusi frekuensi karakteristik responden pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 5 sebagai berikut:

**Tabel 5. Distribusi Frekuensi Karakteristik Responden**

Variabel	TS Aluminium	ED Aluminium	%
	n	n	
<b>Umur (tahun)</b>			
20 – 29	3	3	24
30 – 39	7	8	60
40 – 49	0	0	0
50 – 55	3	1	16
<b>Masa Kerja (tahun)</b>			
1 – 5	1	6	28
6 – 10	5	3	32
11 – 15	3	1	16
16 – 20	1	2	12
21 – 25	3	0	12
<b>Pendidikan</b>			
SD	7	4	44
SMP	3	4	28
SMA	3	4	28

Dari distribusi frekuensi di atas, dapat diketahui bahwa jumlah responden yang memenuhi kriteria inklusi sebanyak 25 orang dengan 13 orang dari Perusahaan TS Aluminium dan 12 orang dari Perusahaan ED Aluminium. Umur responden yang bekerja di Perusahaan TS Aluminium dan ED Aluminium

berkisar antara 20 tahun sampai 55 tahun, dengan umur 20-29 tahun sebanyak 24%, umur 30-39 tahun 60%, dan umur 50-55 tahun 16%.

Masa kerja responden bervariasi antara 1 tahun sampai 25 tahun. Pada tabel 5 diketahui bahwa dari 25 responden yang bekerja dibagian produksi pada kedua perusahaan, sebanyak 28% memiliki masa kerja 1-5 tahun, 32% memiliki masa kerja 6-10 tahun, 16% memiliki masa kerja 11-15 tahun, 12% memiliki masa kerja 16-20 tahun, 12% memiliki masa kerja 21-25 tahun.

Tingkat pendidikan responden yang bekerja di bagian produksi di kedua perusahaan bervariasi antara SD sampai SMA. Pada tabel 5 juga memberi gambaran dari 23 pekerja yang menjadi responden, sebanyak 44% berpendidikan SD, 28% berpendidikan SMP dan 28% berpendidikan SMA.

**b. Data Keluhan Subyektif Responden**

Hasil penilaian kuesioner terhadap 25 responden pada bagian produksi Perusahaan Industri TS Aluminium dan ED Aluminium dapat dilihat pada tabel 6, bahwa keluhan yang sering dirasakan oleh responden adalah pusing sebesar 32%, kaku/kram otot 24%, lelah 24%, ruam kulit 20%, dan mual/mutah 4%.

**Tabel 6. Data Keluhan Subyektif Responden Selama Bekerja Akibat Heat Stress**

<b>Keluhan</b>	<b>++</b>	<b>%</b>	<b>+</b>	<b>%</b>	<b>-</b>	<b>%</b>
Pusing	8	32	11	44	6	24
Mual/mutah	1	4	7	28	17	68
Kaku/kram otot	6	24	9	36	10	40
Lelah	6	24	11	44	8	32
Ruam kulit	5	20	7	28	13	62

**Keterangan:**

- ++ : sering
- + : kadang-kadang
- : tidak

Selanjutnya hasil kuesioner terhadap 25 orang responden bagian produksi untuk pengeluaran keringat selama bekerja menunjukkan sebesar 40% responden mengeluarkan keringat yang sangat banyak dan 60% mengeluarkan keringat banyak. Untuk kebiasaan minum kebanyakan pekerja minum sejumlah 1100 – 2000 ml dengan persentase sebesar 56% pada saat bekerja. Di bawah ini tabel 7 menunjukkan pengeluaran keringat pada saat bekerja dan kebiasaan minum pekerja bagian produksi.

**Tabel 7. Data Keluhan Subyektif Pengeluaran Keringat dan Kebiasaan Minum Responden Selama Bekerja**

Variabel	Jumlah Pekerja	%
<b>Pengeluaran Keringat</b>		
Sangat banyak	10	40
Banyak	15	60
Sedikit	0	0
<b>Kebiasaan Minum</b>		
500 – 1000 ml	1	4
1100 – 2000 ml	14	56
2100 – 3000 ml	10	40

#### **4.1.3. Analisa Bivariat**

Analisis bivariat dimaksudkan untuk melihat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat dengan menggunakan uji t berpasangan dengan data terdistribusi normal. Jika data terdistribusi tidak normal maka akan digunakan uji statistik Wilcoxon.

##### ***a. Pengaruh Tekanan Panas Terhadap Tekanan Darah***

Tekanan panas yang dialami oleh 25 responden bagian produksi Perusahaan Industri TS Aluminium dan ED Aluminium berpengaruh langsung terhadap tekanan darah. Dari pengukuran tekanan darah terhadap 25 responden, menunjukkan bahwa responden mengalami penurunan tekanan darah baik sistole

maupun diastole. Berdasarkan uji normalitas data yang didapatkan dari 25 orang responden terdistribusi tidak normal, maka digunakan uji statistik Wilcoxon. Data hasil uji statistik dapat dilihat pada tabel 8 berikut ini:

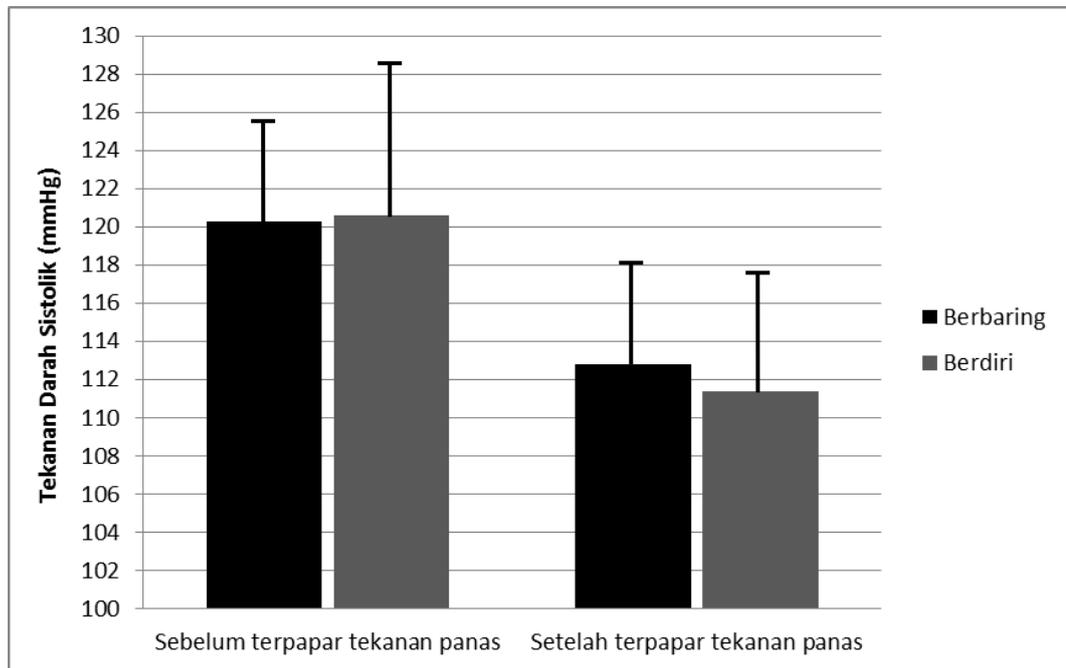
**Tabel 8. Nilai Rata-Rata Tekanan Darah Posisi Berbaring dan Berdiri Antara Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas**

<b>Nilai Rata-rata Tekanan Darah (mm Hg)</b>	<b>Sebelum terpapar tekanan panas</b>	<b>Sesudah terpapar tekanan panas</b>	<b>Nilai P</b>
<b>Posisi berbaring :</b>			
Sistole	120,3 ± 5,5	112,8 ± 5,3	<0.001
Diastole	73,3 ± 4,9	68,5 ± 4,8	<0.001
<b>Posisi berdiri :</b>			
Sistole	120,6 ± 8,2	111,4 ± 6,5	<0.001
Diastole	78,5 ± 5,8	72,9 ± 5,0	<0.001

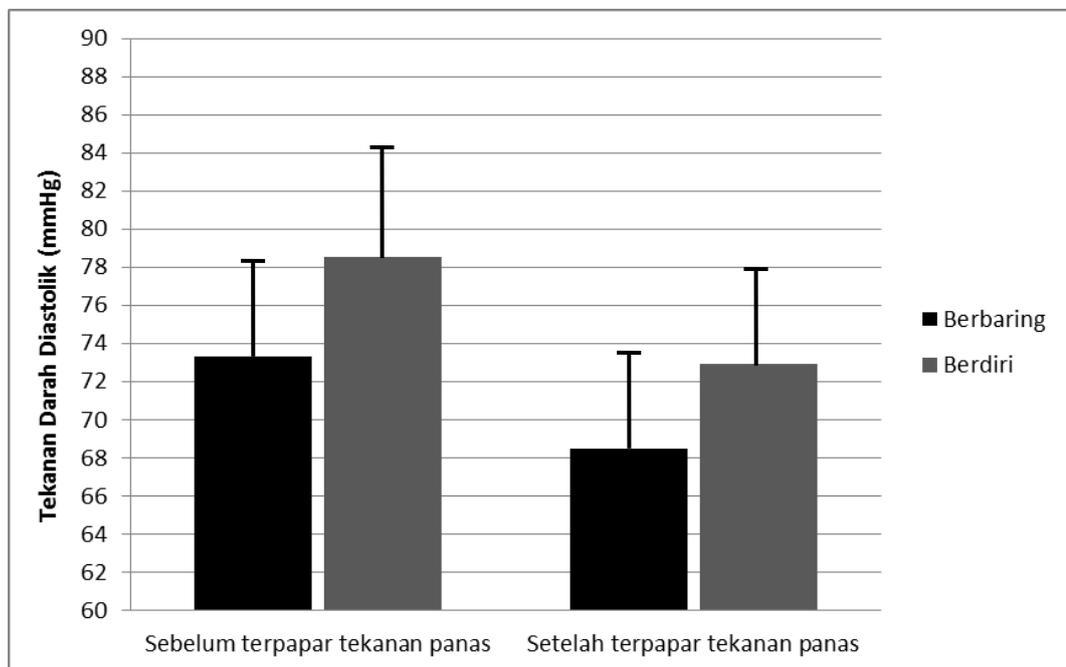
Untuk perubahan tekanan darah posisi berbaring dan berdiri selama paparan tekanan panas dapat dilihat pada tabel 9.

**Tabel 9. Distribusi Frekuensi Perubahan Tekanan Darah Posisi Berbaring dan Berdiri Sesudah Terpapar Tekanan Panas**

<b>Tekanan Darah (mm Hg)</b>	<b>Perubahan Tekanan Darah</b>					
	<b>Meningkat</b>		<b>Menurun</b>		<b>Tetap</b>	
	<b>Jumlah</b>	<b>%</b>	<b>Jumlah</b>	<b>%</b>	<b>Jumlah</b>	<b>%</b>
<b>Posisi berbaring</b>						
Sistole	0	0	22	88	3	12
Diastole	1	4	19	76	5	20
<b>Posisi berdiri</b>						
Sistole	0	0	22	88	3	12
Diastole	0	0	16	64	9	36



Gambar 4. Nilai rata-rata tekanan darah sistole posisi berbaring dan berdiri antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas



Gambar 5. Nilai rata-rata tekanan darah diastole posisi berbaring dan berdiri antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas

Berdasarkan tabel 8 di atas, pengukuran tekanan darah sistole dan diastole dilakukan dalam dua posisi yakni posisi berbaring dan berdiri. Pada posisi berbaring diketahui bahwa rerata tekanan darah sistole sebelum terpapar tekanan panas adalah 120,3 mmHg, sedangkan rerata tekanan darah sistole setelah terpapar tekanan panas adalah 112,8 mmHg, dengan penurunan rerata tekanan darah sistole sebesar 7,5 mmHg setelah terpapar tekanan panas, nilai probabilitas ( $P < 0,001$ ). Rerata tekanan darah diastole sebelum terpapar tekanan panas adalah 73,3 mmHg, sedangkan rerata tekanan darah diastole setelah terpapar tekanan panas adalah 68,5 mmHg, dengan penurunan rerata tekanan darah diastole sebesar 4,8 mmHg setelah terpapar tekanan panas, nilai probabilitas ( $P < 0,001$ ).

Pada posisi berdiri diketahui bahwa rerata tekanan darah sistole sebelum terpapar tekanan panas adalah 120,6 mmHg, sedangkan rerata tekanan darah sistole setelah terpapar tekanan panas adalah 111,4 mmHg, dengan penurunan rerata tekanan darah diastole sebesar 9,2 mmHg setelah terpapar tekanan panas, nilai probabilitas ( $P < 0,001$ ). Rerata tekanan darah diastole sebelum terpapar tekanan panas adalah 78,5 mmHg, sedangkan rerata tekanan darah diastole setelah terpapar tekanan panas adalah 72,9 mmHg, dengan penurunan rerata tekanan darah diastole sebesar 5,6 mmHg setelah terpapar tekanan panas, nilai probabilitas ( $P < 0,001$ ).

Hasil analisis dengan uji statistik terhadap tekanan darah sistole dan diastole baik posisi berbaring maupun berdiri menunjukkan nilai  $P < 0,05$  pada semua variabel. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara tekanan darah sistole maupun diastole sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas, baik posisi berbaring maupun berdiri.

Nilai rerata selisih tekanan darah sistole dan diastole selama perubahan posisi tubuh yaitu **tekanan darah posisi berdiri dikurangi dengan tekanan darah posisi berbaring** saat sebelum dan sesudah paparan tekanan panas ditunjukkan pada tabel 10.

**Tabel 10. Nilai Rata-Rata Selisih Tekanan Darah Sistole dan Diastole pada Perubahan Posisi Tubuh Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas**

<b>Tekanan Darah (mm Hg)</b>	<b>Sebelum terpapar tekanan panas</b>	<b>Sesudah terpapar tekanan panas</b>	<b>Nilai P</b>
<b>Sistole berdiri – Sistole berbaring</b>	0,3 ± 5,0	-1,4 ± 5,1	0,093
<b>Diastole berdiri – Diastole berbaring</b>	5,2 ± 4,5	4,4 ± 3,3	0,379

Hasil pengukuran sebelum terpapar tekanan panas, nilai rerata selisih tekanan darah sistole sebesar 0,3 mmHg, sedangkan nilai rerata selisih tekanan darah diastole sebesar 5,2 mmHg. Pada saat setelah terpapar tekanan panas nilai rerata selisih tekanan darah sistole sebesar -1,4 mmHg, sedangkan nilai rerata selisih tekanan darah diastole sebesar 4,4 mmHg.

Hasil analisis dengan uji statistik terhadap nilai rerata selisih tekanan darah sistole sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas menunjukkan nilai  $P=0,093$  dan terhadap nilai rerata selisih tekanan darah diastole menunjukkan nilai  $P=0,379$ . Hal ini berarti tidak terdapat perbedaan yang bermakna selisih tekanan darah sistole maupun diastole antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.

***b. Pengaruh Tekanan Panas Terhadap Temperatur Tubuh***

Pengukuran temperatur tubuh dilakukan pada saat sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas dengan menggunakan termometer aksila. Pengukuran suhu tubuh terhadap 25 orang responden menunjukkan bahwa responden mengalami peningkatan temperatur tubuh setelah terpapar tekanan panas. Hal ini dapat dilihat pada tabel 11 berikut ini :

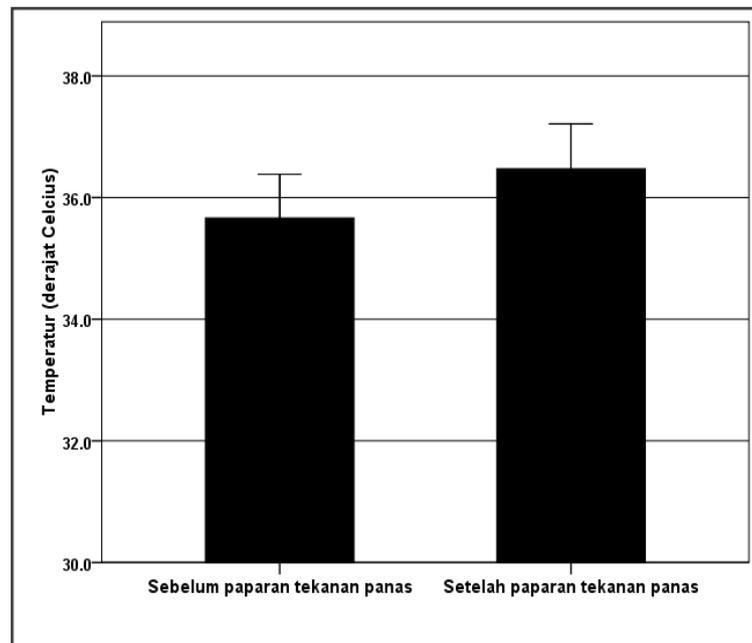
**Tabel 11. Nilai Rata-Rata Temperatur Tubuh Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas**

	<b>Sebelum terpapar tekanan panas</b>	<b>Sesudah terpapar tekanan panas</b>	<b>Nilai P</b>
<b>Temperatur tubuh (°C)</b>	35,6 ± 0,3	36,4 ± 0,3	<0,001

Perubahan temperatur tubuh sesudah terpapar tekanan panas ditunjukkan pada tabel 12.

**Tabel 12. Distribusi Frekuensi Perubahan Temperatur Tubuh Sesudah Terpapar Tekanan Panas**

Perubahan Temperatur Tubuh	Meningkat		Menurun		Tetap	
	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%
Temperatur Tubuh °C)	25	100	0	0	0	0



Gambar 6. Nilai rata-rata temperatur tubuh sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas

Berdasarkan tabel 11 di atas, diketahui bahwa rerata temperatur tubuh sebelum terpapar tekanan panas adalah 35,6 °C, sedangkan rerata temperatur tubuh setelah terpapar tekanan panas adalah 36,4 °C, dengan peningkatan sebesar 0,8 °C setelah terpapar tekanan panas ( $P < 0,001$ ). Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara temperatur tubuh sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.

## 4.2. Pembahasan

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas pada Perusahaan Industri TS Alumunium dan ED Aluminium di Kota Yogyakarta. Tekanan panas yang diambil dalam penelitian ini adalah tekanan panas yang melebihi nilai abang batas (NAB), yang terdapat dalam kedua perusahaan industri alumunium tersebut.

### 4.2.1. Keluhan Subyektif Responden

Selain berpengaruh terhadap tekanan darah, tekanan panas di lingkungan kerja dapat mempengaruhi kesehatan dan memberikan keluhan subyektif pada pekerja. Dari tabel 6 diketahui bahwa keluhan subyektif yang paling sering dirasakan responden yaitu pusing sebesar 32%, lelah 24%, kaku/kram otot 24%, ruam kulit 20%, dan mual/mutah 4%. Menurut *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA, 2011) gejala-gejala *heat stress* yaitu nyeri kepala, pusing, kelemahan, kulit yang basah, mudah marah, kebingungan, kehausan, mual-mutah serta dapat lebih berat lagi seperti kejang, dan pingsan.

Tekanan panas yang diterima pekerja dari hasil produksi perusahaan serta pengeluaran panas dari hasil metabolisme tubuh saat bekerja menyebabkan pengeluaran keringat yang berlebihan sehingga tubuh akan banyak kehilangan cairan. Ketika tubuh tidak mendapatkan asupan cairan yang cukup untuk memenuhi cairan yang hilang, maka akan terjadi kelelahan atau *heat exhaustion*. Berkurangnya cairan dalam sirkulasi tubuh dapat menyebabkan berkurangnya aliran darah otak sehingga dapat menimbulkan gejala pusing atau bahkan pingsan. Keringat yang keluar dari tubuh yang banyak juga menyebabkan berkurangnya garam natrium dalam tubuh. Kadar garam yang rendah dalam otot akan menyebabkan kaku/kram atau *heat cramps*. Hal ini berbeda dengan kaku/kram otot secara umum karena pekerjaan berat yang sembuh dengan istirahat dan pemijatan, tetapi *heat cramps* akan membaik setelah asupan garam natrium tercukupi (WorkSafeBC, 2007).

Keluhan ruam kulit terjadi pada pekerja yang terpapar tekanan panas, karena iritasi kulit yang disebabkan oleh sumbatan kelenjar keringat akibat keringat yang berlebihan selama terpapar tekanan panas serta keadaan kulit yang lembab (CDC, 2010).

Dari tabel 7 dapat dilihat bahwa pengeluaran keringat yang sangat banyak oleh responden adalah sebesar 40% serta keringat yang banyak sebesar 60%. Untuk kebiasaan minum responden adalah dari 25 orang responden sebanyak 56% memiliki kebiasaan minum sekitar 1100 – 2000 ml selama bekerja. *Heat stress* dapat menyebabkan terjadinya dehidrasi, keluar keringat yang berlebihan dan kehausan. Dalam penelitian Carter *et al.* (2006), bahwa keadaan dehidrasi akan diperberat oleh paparan tekanan panas. OSHA (2011) merekomendasikan bahwa pekerja yang bekerja di lingkungan yang iklim panasnya sangat tinggi untuk memenuhi kebutuhannya dengan minum sejumlah kecil air dengan frekuensi yang sering, yakni sekitar 1 cangkir setiap 15 sampai 20 menit dan pekerja harus memperhatikan air kencingnya, yakni berwarna ringan (normal) dan jernih.

#### **4.2.2. Tekanan Panas di Tempat Kerja**

Dari hasil pengukuran diperoleh bahwa ISBB pada bagian produksi Perusahaan Industri TS Aluminium sebesar 31,7 °C dan ED Aluminium sebesar 32,6 °C yang telah melebihi NAB, di mana berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No: Kep-51/MEN/1999 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisik di tempat kerja, dengan beban kerja sedang, bekerja 8 jam per hari dengan 25% istirahat tidak boleh melebihi 28,0°C. Menurut Sum'mur (2009), suhu yang nyaman bagi orang Indonesia adalah sekitar 24-26 °C.

#### **4.2.3. Perbedaan Tekanan Darah Tenaga Kerja Antara Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas**

Pengukuran tekanan darah dilakukan terhadap 25 orang responden pekerja industri aluminium bagian produksi pada posisi berbaring dan berdiri, saat sebelum dan setelah terpapar tekanan panas. Dari 25 responden yang diukur

tekanan darahnya pada posisi berbaring, menunjukkan bahwa setelah terpapar tekanan panas 88% responden mengalami penurunan tekanan darah sistole dan 12% responden memiliki tekanan darah yang tetap. Sedangkan untuk tekanan darah diastole, sebesar 76% responden mengalami penurunan, 20% tetap, dan 4% meningkat. Pada saat posisi berdiri, 88% responden tekanan darah sistolena turun dan 12% tetap. Sedangkan untuk tekanan darah diastole sebesar 64% responden menurun dan 36% tetap. Dari hasil uji statistik penurunan rerata tekanan darah sistole pada posisi berbaring setelah terpapar tekanan panas adalah sebesar 7,5 mmHg ( $P < 0,001$ ) dan diastole sebesar 4,8 mmHg ( $P < 0,001$ ). Sedangkan pada posisi berdiri penurunan rerata tekanan darah sistole setelah terpapar tekanan panas sebesar 9,2 mmHg ( $P < 0,001$ ) dan diastole sebesar 5,6 mmHg ( $P < 0,001$ ). Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan tekanan darah sistole maupun diastole baik posisi berbaring maupun berdiri antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas.

Hal ini sesuai dengan pernyataan bahwa *heat stress* dapat mempengaruhi sistem kardiovaskuler dan menjadikan perubahan sistem kerja jantung. Iklim panas yang tinggi menyebabkan vasodilatasi pembuluh darah terutama di kulit untuk membuang panas dalam tubuh (Guyton & Hall, 2008). Peningkatan yang cukup besar aliran darah kulit untuk membuang panas dalam tubuh menjadikan beban *preload-afterload* jantung mengalami penurunan serta menyebabkan penurunan tekan arteri rata-rata (Wilson & Crandall, 2011). Pada penelitian Chen *et al.* (2003) menyatakan bahwa kelelahan pekerja karena bekerja pada lingkungan yang mempunyai sumber panas menyebabkan menurunnya tekanan darah.

Penurunan kontrol tekanan darah serta toleransi ortostatik telah banyak ditunjukkan pada seseorang yang mengalami peningkatan temperatur internal. Pada penelitian Carter *et al.* (2006) menyatakan bahwa keadaan dehidrasi dapat menyebabkan penurunan aliran darah otak yang signifikan ketika mengalami perubahan posisi dari posisi duduk ke berdiri setelah terpapar *heat stress*. Wilson *et al.* (2006) menyatakan bahwa *heat stress* dapat menurunkan kecepatan aliran darah otak yang berkontribusi terhadap intoleransi ortostatik. Selanjutnya pada

penelitian Brothers *et al.* (2009) *heat stress* dapat melemahkan respon venoarteriolar sebagai komponen utama dalam regulasi kontrol tekanan darah selama ortostatik sehingga terjadi intoleransi ortostatik.

Dalam penelitian ini regulasi kontrol tekanan darah ditunjukkan dengan pengukuran tekanan darah dalam dua posisi, yakni posisi berbaring dilanjutkan posisi berdiri pada saat sebelum dan sesudah paparan tekanan panas untuk mengetahui apakah respon venoarteriolar melemah dalam kondisi setelah terpapar tekanan panas. Hasil pengukuran sebelum terpapar tekanan panas nilai rerata selisih tekanan darah sistole sebesar 0,3 mmHg, sedangkan tekanan darah diastole sebesar 5,2 mmHg. Pada saat setelah terpapar tekanan panas nilai rerata selisih tekanan darah sistole sebesar -1,4 mmHg, sedangkan tekanan darah diastole sebesar 4,4 mmHg. Dari hasil uji statistik terhadap nilai rerata selisih tekanan darah sistole sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas menunjukkan nilai  $P=0,093$  dan diastole menunjukkan nilai  $P=0,379$ . Dari data uji statistik tersebut menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang bermakna selisih tekanan darah sistole maupun diastole antara sebelum dan sesudah terpapar tekanan panas, meskipun menunjukkan selisih yang semakin menurun setelah terpapar tekanan panas. Hal ini mungkin disebabkan karena tekanan panas yang diterima responden belum mampu meningkatkan temperatur internal yang cukup besar sehingga respon venoarteriolar tidak melemah saat perubahan posisi (ortostatik). Dalam penelitian Brothers *et al.*, (2009) pemaparan tekanan panas pada seluruh tubuh dilakukan sampai suhu internal meningkat sebesar  $1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  yang melemahkan respon venoarteriolar, sedangkan pada penelitian ini pengukuran dilakukan pada suhu aksila (suhu kulit) dan meningkatkan suhu aksila sebesar  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### **4.3. Kelemahan Penelitian**

Dalam penelitian kali ini masih terdapat beberapa kekurangan dan kelemahan penelitian, walaupun penulis sudah berusaha semaksimal mungkin agar penelitian ini menjadi sempurna. Kelemahan tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Dalam menentukan variabel pengganggu dan keluhan subyektif yang diterima responden diketahui dengan menggunakan kuesioner, sehingga masih terdapat kelemahan-kelemahan seperti jawaban yang kurang cermat, responden yang menjawab asal-asalan dan tidak jujur.
2. Pengukuran suhu dan tekanan darah terhadap 25 responden tidak dilakukan dalam satu hari secara bersamaan karena keterbatasan tenaga, sehingga intensitas tekanan panas yang diterima responden kemungkinan terdapat perbedaan meskipun masih di atas NAB.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Simpulan**

1. Terdapat perbedaan yang bermakna antara tekanan darah sebelum dan sesudah paparan tekanan panas pada tenaga kerja bagian produksi Perusahaan Industri TS Aluminium dan ED Aluminium. Pada posisi berbaring tekanan darah sistolik ( $P < 0,001$ ) dan tekanan darah diastolik ( $P < 0,001$ ). Pada posisi berdiri tekanan darah sistolik ( $P < 0,001$ ) dan tekanan darah diastolik ( $P < 0,001$ ).
2. Terdapat peningkatan suhu yang bermakna antara sebelum dan sesudah paparan tekanan panas pada tenaga kerja Perusahaan Industri TS Aluminium dan ED Aluminium ( $P < 0,001$ ).
3. Tidak terdapat perbedaan yang bermakna pada selisih tekanan darah sistole dan diastole (posisi berdiri dikurangi posisi berbaring) antara sebelum dan sesudah paparan tekanan panas. Selisih tekanan darah sistole ( $P = 0,093$ ) dan selisih tekanan darah diastole ( $P = 0,379$ ).

#### **5.2. Saran**

1. Bagi Perusahaan
  - a. Mengatur tata letak ruangan bagian produksi agar sirkulasi udara tetap terjaga sehingga iklim kerja menjadi lebih nyaman.
  - b. Lebih meningkatkan kesehatan dan keselamatan kerja khususnya terhadap perkerja yang setiap harinya terpapar tekanan panas, dengan memantau kesehatan perkerja secara berkala.
2. Bagi Pekerja
  - a. Selalu memakai baju dan mempergunakan alat pelindung pada saat bekerja seperti kaca mata, sarung tangan, masker agar terhindar dari percikan api.
  - b. Memperhatikan asupan cairan agar tidak terjadi dehidrasi dengan mengkonsumsi air 1 gelas setiap 20 menit.

- c. Menghindari konsumsi alkohol, kafein, dan obat-obatan.
3. Bagi penelitian lebih lanjut
- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kadar garam dalam tubuh. Apakah terdapat penurunan kadar garam pada pekerja yang terpapar tekanan panas sehingga menyebabkan kaku/kram otot (*heat cramps*).

## DAFTAR PUSTAKA

- American Heart Association, 2011. Understand Your Risk for High Blood Pressure, <http://www.heart.org/>, diakses tanggal 23 April 2011.
- Anonim, 2011. Definition of Postural, <http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=9732>. diakses tanggal 20 April 2011.
- Anonim, 2011. Blood Pressure Physiology [http://en.wikivet.net/Blood Pressure Physiology](http://en.wikivet.net/Blood_Pressure_Physiology) diakses tanggal 29 Juni 2011.
- Arifin MZ., 2008. Tinjauan Hukum Islam Terhadap Pelaksanaan Keselamatan Kesehatan Kerja dalam Pasal 3 UU No. 1 Tahun 1970 Tentang Keselamatan Kerja di PT PLN (Persero) Jasa & Produksi Unit Produksi Semarang, *Skripsi*, Institut Agama Islam Negeri, Semarang.
- Arthur JV., James HS., Dorothy SL., 2001. *Human Physiology, 8<sup>th</sup> Edition* McGraw-Hill, New York. 407-438
- Balai Hiperkes dan K3 Daerah Istimewa Yogyakarta, 2011. *Pelatihan Hiperkes dan Keselamatan Kerja Bagi Dokter Perusahaan*, Yogyakarta, 190-197
- Baker B., LaDue J., 2010. How Heat Stress Affects Performance, <http://ohsonline.com/articles/2010/05/01/how-heat-stress-affects-performance.aspx>. diakses tanggal 16 Maret 2011.
- Barrett KE., Barman SM., Boitano S., Brooks H., 2010. *Ganong's Review of Medical Physiology, 23<sup>rd</sup> Edition*, McGraw-Hill, New York.
- Brothers RM., Wingo JE., Hubing KA., Del Coso J., Crandall CG., 2009. Effect of Whole Body Heat Stress on Peripheral Vasoconstriction during Leg Dependency, *J Appl Physiol* 107:1704-1709
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety, 2008. Hot Environments - Health Effects, [http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys\\_agents/heat\\_health.html](http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/heat_health.html). diakses tanggal 8 Maret 2011.
- Carter R., Chevront SN., Vernieuw CR., Sawka MN., 2006. Hypohydration and prior heat stress exacerbates decreases in cerebral blood flow velocity during standing. *J Appl Physiol* 101:1744-1750
- Center for Disease Control and Prevention, 2010. Heat Stress. <http://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/>. diakses tanggal 8 Maret 2011.
- Chen M., Chen C., Yeh W., Huang J., Mao I., 2003. Heat Stress Evaluation and Worker Fatigue in a Steel Plant, *AIHA Journal*, Volume 64, 352 – 359
- Davis G., 2007. Heat Stress 101 (Part 2), <http://www.safetyservicescompany.com>, diakses tanggal 21 Maret 2011.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia, 2009. Profil Bina Kesehatan Kerja dan Olahraga. <http://www.kesehatankerja.depkes.go.id/?p=9#more-9>. diakses tanggal 3 maret 2011.
- Guyton & Hall, 2008. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 11*, EGC, Jakarta, 936-948

- Ibnu S, 2010. Memperingati Hari K3 & Bulan K3 Nasional 2010, <http://www.babinrohis-nakertrans.org/berita-babinrohis-nakertrans/depnakertrans-memperingati-hari-k3-bulan-k3-nasional-2010>, diakses tanggal 29 Juni 2011.
- Janneke G., 2005. Postural Changes in Humans: Effects of Gravity on The Circulation, *Thesis*, Academisch Proefschrift, Netherlands.
- Kainfolahtha, 2008. Kesehatan Matra Darat, <http://www.kesad.mil.id/content/kesehatan-matra-darat>, diakses tanggal 29 Juni 2011.
- King J., 2004. Thermoregulation: Physiological Responses and Adaptations to Exercise in Hot and Cold Environments, *J. Hyperplasia Research*, 4(3)
- Kurniawan A., 2010. Perbedaan Tekanan Darah Tenaga Kerja Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas di Industri Mebel CV. Gion dan Rahayu Kartasura, Sukoharjo, *Skripsi*, Program Diploma IV Kesehatan Kerja Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret.
- Marieb EN., Hoehn K., 2006. *Human Anatomy & Physiology Seventh Edition*, Benjamin Cummings, San Francisco.
- Menteri Kesehatan RI, 2001. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 1215/Menkes/SK/XI/2001, Jakarta.
- Menteri Tenaga Kerja RI, 1999. Keputusan Menteri Tenaga Kerja No:Kep-51/MEN/1999, Jakarta.
- Lee B.S., 2009. Evaluation of the Temporal Artery Thermometry to Assess Accuracy when Compared with Body Core Temperature in the Operative Environment, *Theses and Dissertations*, University of North Texas Health Science Center.
- Occupational Safety and Health Administration, 2011. Protecting Workers from Heat Illness. <http://www.osha.gov/pls/publications/publication.html>. diakses tanggal 2 Noveber 2011.
- Suma'mur, 2009. *Higiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja*, Sagung Seto, Jakarta, 151-167
- Subagyo E., 2007. Perbedaan Tekanan Darah Sebelum dan Sesudah Terpapar Tekanan Panas pada Pekerja Bagian Moulding Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah Sermarang, *Skripsi*, Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Negeri Semarang.
- Timothy C., 2010. Orthostatic Hypotension, <http://www.dizziness-and-balance.com/disorders/medical/orthostatic.html>. diakses tanggal 9 Maret 2011.
- Thomas G, John E., Lawrence J., Bonita E., John G., Martha N., Daniel W., Theodore K., Sheldon G., Edward J., 2005. Blood Pressure Measurement in Humans: A Statement for Professionals From the Subcommittee of Professional and Public Education of the American Heart Association Council on High Blood Pressure Research, *Hypertension* 45:142
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 36 Tahun 2009. Tentang Kesehatan
- Wilson TE. and Crandall CG, 2011. Effect of Thermal Stress on Cardiac Function, *Exerc Sport Sci Rev.* 39(1):12-17

- Wilson TE., Cui J., Zhang R., Crandall CG., 2006. Heat stress reduces cerebral blood velocity and markedly impairs orthostatic tolerance in humans, *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 291: R1443–R1448
- Workplace Safety and Health Division, 2007. Guideline for Thermal Stress, <http://safemanitoba.com>, diakses 21 Maret 2011.
- WorkSafeBC, 2007. Preventing Heat Stress at Work, <http://www.worksafebc.com>. diakses tanggal 16 Maret 2011.