



**KADAR BENZENA LINGKUNGAN KERJA DAN KELELAHAN KERJA
PADA PEKERJA MEKANIK BENGKEL AHASS**
(Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Summersari Kabupaten Jember)

SKRIPSI

Oleh :

**Agastiya Aldi Rusdiyanto
NIM 132110101044**

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
TAHUN 2017**



**KADAR BENZENA LINGKUNGAN KERJA DAN KELELAHAN KERJA
PADA PEKERJA MEKANIK BENGKEL AHASS**
(Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember)

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk
Menyelesaikan Progam Pendidikan S-1 Kesehatan Masyarakat
dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat

Oleh :

Agastiya Aldi Rusdiyanto
NIM 132110101044

**BAGIAN KESEHATAN LINGKUNGAN DAN KESEHATAN KESELAMATAN KERJA
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS JEMBER
TAHUN 2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Orang tua saya, Sugeng Hariyanto dan Kunti Nur Hasanah yang telah mencurahkan kasih sayang, dukungan baik secara moril maupun materil, serta tak pernah lelah untuk selalu berada di sisi saya untuk menasehati dan memberikan doa. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, limpahan rezeki, dan perlindungan (Aamiin);
2. Adik saya, Ine Tiara Dewi Nuryanto yang telah memberikan semangat dan mengingatkan untuk tidak menyerah;
3. Guru-guru yang terhormat sejak TK hingga Perguruan Tinggi, yang telah bersedia berbagi ilmu, waktu, dan membimbing dengan penuh kesabaran serta semangat yang begitu tinggi; dan
4. Almamater tercinta Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

MOTO

Dan telah sampai hadist dari Ibnu Abbas semoga Allah *shubanahu wa ta'alla* meridhoi keduanya, beliau mengatakan: “Bahwa Rasulallah *Shalallahu ‘alaihi wa sallam* pernah bersabda: “ (Ada dua nikmat) yang banyak di lalaikan oleh kebanyakan manusia yaitu kesehatan dan waktu senggang”.

(Hadist Riwayat Bukhori no: 6412)*

Wahai orang-orang yang beriman! Janganlah sekali-kali kamu saling memakan atau memperoleh harta di antara sesamamu yang kamu perlukan dalam hidup dengan jalan yang batil, yakni jalan tidak benar yang tidak sesuai dengan tuntunan syariat, kecuali kamu peroleh harta itu dengan cara yang benar dalam perdagangan yang berlaku atas dasar suka sama suka di antara kamu yang tidak melanggar ketentuan syariat. Dan janganlah kamu membunuh dirimu atau membunuh orang lain karena ingin mendapatkan harta. Sungguh, Allah Maha Penyayang kepadamu dan hamba-hamba-Nya yang beriman

(Terjemahan Surat An-Nisa Ayat 29)**

*) Hidayatullah. 2012. Seputar Hadits-Hadits Bulan Muharam. Jakarta: IslamHouse

***) Departemen Agama Republik Indonesia. 2017. Al-Quran Terjemah. Semarang: CV Toha Putra

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Agastiya Aldi Rusdiyanto

NIM : 132110101044

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS (Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember) adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adana tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 10 November 2017

Yang menyatakan,

Agastiya Aldi Rusdiyanto

NIM 132110101044

SKRIPSI

**KADAR BENZENA LINGKUNGAN KERJA DAN KELELAHAN KERJA
PADA PEKERJA MEKANIK BENGKEL AHASS
(Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten
Jember)**

Oleh

Agastiya Aldi Rusdiyanto
NIM 132110101044

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : dr. Ragil Ismi Hartanti., M.Sc

Dosen Pembimbing Anggota : Ellyke, S.KM., M.KL

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS (Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumpersari Kabupaten Jember)* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember pada:

Hari :
Tanggal : Oktober 2017
Tempat : Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember

Pembimbing Tim Penguji Tanda Tangan

1. DPU: dr Ragil Ismi Hartanti, M.Sc (.....)
NIP. 198110052006042002
2. DPA: Ellyke, S.KM., M.KL (.....)
NIP. 198104292006042002

Penguji

1. Ketua : Rahayu Sri Pujiati, S.KM, M.Kes (.....)
NIP. 197708282003122001
2. Sekretaris : Ninna Rohmawati, S.Gz., M.PH. (.....)
NIP. 198406052008122001
3. Anggota : Erwan Widiyatmoko, ST (.....)
NIP. 197802052000121003

Mengesahkan

Dekan,

Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes
NIP. 198005162003122002

RINGKASAN

Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS (Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember); Agastiya Aldi Rusdiyanto; 132110101044; 2017; 102 halaman; Bagian Kesehatan Lingkungan Dan Kesehatan Keselamatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Pencemaran udara yang terjadi di Indonesia lebih banyak disebabkan oleh polusi udara yang berasal dari kendaraan bermotor. Beberapa zat pencemar di udara yang dikeluarkan akibat aktifitas kendaraan bermotor salah satunya yaitu benzena. Benzena merupakan faktor kimia (zat beracun) yang dapat menyebabkan kelelahan kerja. Sifat benzena yang mudah menguap sehingga paparan benzena lebih banyak terhirup melalui saluran pernafasan. Menurut *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* paparan benzena selama 2,5 – 8 jam per hari dengan dosis 60 ppm secara inhalasi akan mempengaruhi sistem neurologis tubuh dan memberikan dampak pada tubuh yaitu salah satunya kelelahan. Dampak dari kelelahan kerja sendiri yaitu terjadinya pelemahan kegiatan (perasaan berat di seluruh kepala dan badan, pikiran kacau, dan mengantuk) dan terjadinya pelemahan motivasi (susah berfikir, tidak dapat berkonsentrasi dan perhatian terhadap sesuatu).

Salah satu pekerjaan yang sering terpapar benzena adalah mekanik bengkel sepeda motor. Paparan benzena yang diterima oleh tenaga mekanik bengkel sepeda motor sebagian besar berasal dari jalur paparan inhalasi yang bersumber dari bahan bakar yaitu bensin dan asap pembuangan akhir kendaraan bermotor yang memiliki kandungan hidrokarbon. Bengkel AHASS Honda merupakan sebuah industri perbengkelan sepeda motor yang memberikan pelayanan perawatan dan perbaikan sepeda motor di seluruh wilayah Indonesia tidak terkecuali Kabupaten Jember. Mekanik yang bekerja di bengkel AHASS akan terpapar benzena dari aktivitas operasional bengkel yang berpotensi mengakibatkan gangguan kesehatan khususnya kelelahan kerja.

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini dilaksanakan di bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember dengan pengukuran kadar benzena lingkungan kerja dari Unit Pelaksana Teknis Balai Hiperkes Surabaya, pengukuran kelelahan kerja, dan wawancara pada mekanik. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mekanik di bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember yang berjumlah 30 mekanik dengan teknik pengambilan sampel *total sampling*.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa sebagai besar responden tersebut berumur 15-24 tahun, sebagai besar responden memiliki masa kerja 1-5 tahun, sebagian besar responden memiliki status gizi normal, dan seluruh responden tidak memiliki riwayat penyakit. Sebagian besar bengkel memiliki rata-rata suhu lingkungan kerja dan kelembaban udara dengan kategori normal dan seluruh bengkel memiliki rata-rata kebisingan melebihi nilai ambang batas (≥ 85 dBA). Sebagai besar responden pada pengukuran kelelahan kerja sebelum bekerja mengalami kelelahan kerja ringan dan pada pengukuran kelelahan kerja setelah bekerja sebagian besar tidak mengalami kelelahan kerja. Berdasarkan hasil pengukuran sebagian besar bengkel memiliki kadar benzena lingkungan kerja melebihi 0,5 ppm atau nilai ambang batas (NAB).

Kajian hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambah umur dan masa kerja serta status gizi responden dalam kategori *underweight* dan *overweight* cenderung mengalami kelelahan kerja sedangkan riwayat penyakit diperoleh data homogen. Faktor lingkungan kerja berupa suhu dan kelembaban udara yang rendah juga berpengaruh terhadap kejadian kelelahan kerja sedangkan kebisingan diperoleh data homogen. Bengkel dengan kadar benzena lingkungan kerja yang lebih 0,5 ppm atau NAB lebih banyak terdapat responden yang mengalami kelelahan kerja.

SUMMARY

Benzene Level Work Environment and Fatigue at AHASS Mechanical Workshop (Case Study in Patrang and Summersari District, Jember Regency); Agastiya Aldi Rusdiyanto; 132110101044; 2017; 102 pages; Department of Environmental and Occupational Safety Health Faculty of Public Health University of Jember.

Air pollution occurring in Indonesia is mostly caused by air pollution from motor vehicles. Some pollutants in the air are exposed to motor vehicle activity one of them is benzene. Benzene is a chemical factor (toxic substance) that can cause fatigue. The characteristic of benzene is volatile so the exposure to benzene is more inhaled through the respiratory tract. According to the Agency for Toxic Substances and Disease Registry, benzene exposure for 2.5 to 8 hours per day with a dose of 60 ppm inhalation will affect the body's neurological system and impact on the body that is one of fatigue. The impact of self-exhaustion is the occurrence of weakening of activities (feelings of weight throughout the head and body, chaotic mind, and drowsiness) and the occurrence of attenuated (hard to think, can not concentrate and attention to something).

One of the jobs that are often exposed to benzene is mechanical motorcycle workshop. Benzene exposure received by mechanical motorcycle workshop mostly comes from the inhalation pathway that comes from fuel, gasoline and motor vehicle exhaust fumes that contain hydrocarbons. AHASS Honda Workshop is a motorcycle maintenance industry that provides maintenance services and motorcycle repair in all parts of Indonesia is no exception Jember District. Mechanics working in AHASS workshops will be exposed to benzene from workshop operational activities that have the potential to cause health problems, especially fatigue.

The type of research used in this research was descriptive with quantitative approach. This research was conducted at AHASS workshop in Patrang and Summersari, Jember with measurement of benzene level of work environment from

Technical Implementation Unit of Balai Hiperkes Surabaya, measurement of fatigue, and interview on mechanic. Population in this research were all mechanic in AHASS workshop in Patrang and Sumbersari, Jember which amounts to 30 mechanic with sampling used total sampling technique.

From the results of this study it was found that most of the respondents is aged 15-24 years, most of the respondents had a working period of 1-5 years, most of the respondents had normal nutritional status, and all respondents had no history of disease. Most of the workshops had an average working environment temperature and air humidity with normal categories and the entire workshop has an average noise exceeding the threshold value (≥ 85 dBA). Most respondents in the fatigue measurement before work had mild fatigue and on the measurement of fatigue after work mostly do not experience fatigue. Based on measurement results most of the workshop has benzene level of work environment exceed 0.5 ppm or threshold value (NAB).

The study results showed that the increasing age and length of work and nutritional status of respondents in the category of underweight and overweight tend to experience fatigue while the history of the disease obtained homogeneous data. Working environment factors such as temperature and low humidity also affect the incidence of fatigue while the noise obtained homogeneous data. Workshops with benzene levels of work environment that exceed 0.5 ppm or NAB more there are respondents had fatigue.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS (Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember)*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan akademis dalam rangka menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu (S1) Kesehatan Masyarakat di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.

Benzena merupakan faktor kimia (zat beracun) yang dapat menyebabkan kelelahan kerja. Salah satu pekerjaan yang sering terpapar benzena adalah mekanik bengkel sepeda motor AHASS yang akan terpapar benzena dari aktivitas operasional bengkel yang berpotensi mengakibatkan gangguan kesehatan khususnya kelelahan kerja. Kajian hasil penelitian ini, bengkel dengan kadar benzena lingkungan kerja yang melebihi NAB lebih banyak terdapat responden yang mengalami kelelahan kerja.

Penyusun skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Irma Prasetyowati, S.KM., M.Kes, selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
2. Bapak Dr. Isa Ma'rufi, S.KM., M.Kes, selaku Ketua Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja;
3. Ibu dr. Ragil Ismi Hartanti, M.Sc, selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah memberikan bimbingan, motivasi, saran dan pengarahan sehingga proposal skripsi ini dapat disusun dan terselesaikan dengan baik. Serta terima kasih telah mengajarkan pengalaman hidup yang paling berharga yaitu kesabaran, perjuangan, dan rendah hati dalam menjalani hidup.
4. Ibu Ellyke, S.KM., M.KL, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya untuk memberikan bimbingan, pengarahan, dan motivasi demi terselesainya skripsi ini;

5. Ibu Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes, selaku Ketua penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun terhadap skripsi ini sehingga menjadi skripsi yang lebih baik lagi baik dari segi isi maupun tata tulis serta memotivasi penulis untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
6. Ibu Ninna Rohmawati, S.Gz., M.PH, selaku Sekretaris penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk memberikan kritik dan saran sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih bermanfaat.
7. Bapak dan Ibu dosen Bagian Kesehatan Lingkungan dan Kesehatan Keselamatan Kerja Ibu Reni Indrayani S.KM., M.KKK., Bapak Kurnia Ardiansyah Akbar, S.KM., M.KKK., Bapak Khoiron, S.KM., M.Sc., Ibu Rahayu Sri Pujiati, S.KM., M.Kes., Ibu Anita Dewi Moelyaningrum, S.KM., M.Kes., Ibu Prehatin Trirahayu Ningrum, S.KM., M.Kes., terima kasih telah selalu memberikan motivasi kepada penulis;
8. Ibu Sulistiyani, S.KM., M.Kes, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang tiada henti-hentinya memberikan motivasi, semangat, dan saran;
9. Bapak dan Ibu dosen, staf dan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
10. Linda Syahadhatun Nisa yang selalu dengan sabar dan tidak henti-hentinya memberikan semangat serta menemani disaat susah dan bahagian
11. Sahabat-sahabat peneliti, Yuli Rukmi H, Rahmania Hamida, Vini Rahimi A, Ade Ayu, Suci Ramadhani, Mochammad Rizqi R, Dinda Destra, Mohammad Ardi Setia P, dan Bhisma Satya P yang terus memberikan motivasi dan kebahagiaan pada penulis;
12. Teman-teman Angkatan 2013 (*Diamond Generation*) dan keluarga peminatan Kesehatan dan Keselamatan Kerja 2013;
13. Seluruh teman-teman di Komplids Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember;
14. Teman-teman Kos Nias II 14 M, terima kasih atas kebersamaannya telah menjadi keluarga kedua di Jember;
15. Teman-teman 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, dan 2016 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, serta semua pihak yang tidak dapat penulis

sebutkan satu persatu, terima kasih telah membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Atas perhatian dan dukungannya penulis mengucapkan terima kasih.

Jember, 27 September 2017

Penulis



DAFTAR ISI

| | Halaman |
|----------------------------------------------------|--------------|
| PERSEMBAHAN..... | ii |
| MOTTO | iii |
| PERNYATAAN..... | iv |
| SKRIPSI..... | v |
| PENGESAHAN | vi |
| RINGKASAN | vii |
| SUMMARY | ix |
| PRAKATA | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiv |
| DAFTAR TABEL | xviii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xix |
| DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI..... | xx |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.3.1 Tujuan Umum | 5 |
| 1.3.2 Tujuan Khusus | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 6 |
| 1.4.1 Manfaat Teoritis..... | 6 |
| 1.4.2 Manfaat Praktis | 6 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 8 |
| 2.1 Benzena | 8 |
| 2.1.1 Sifat-sifat umum benzena | 8 |
| 2.1.2 Sumber Paparan Benzena | 9 |
| 2.1.3 Nilai Ambang Batas Paparan Benzena | 11 |
| 2.1.4 Toksisitas Benzena | 12 |
| 2.1.5 Toksikoinetrik Benzena | 14 |
| 2.1.6 Efek Paparan Benzena terhadap Kesehatan..... | 18 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.7 Faktor Risiko yang Mempengaruhi Paparan Benzena..... | 25 |
| 2.1.8 Pencegahan dan Penanganan Paparan Benzena..... | 25 |
| 2.1.9 Pengukuran dan Monitoring Benzena di Lingkungan | 27 |
| 2.1.10 Alat Pelindung Diri..... | 28 |
| 2.1.11 Biomarker | 30 |
| 2.1.12 Benzena di Bengkel Sepeda Motor..... | 30 |
| 2.2 Kelelahan Kerja | 32 |
| 2.2.1 Jenis-jenis Kelelahan Kerja | 32 |
| 2.2.2 Gejala Kelelahan..... | 34 |
| 2.2.3 Faktor Penyebab Kelelahan | 35 |
| 2.2.4 Proses Kelelahan Kerja..... | 42 |
| 2.2.5 Akibat Kelelahan Kerja | 43 |
| 2.2.6 Pengukuran Kelelahan Kerja | 44 |
| 2.2.7 Cara Mengatasi Kelelahan Kerja | 45 |
| 2.3 Proses Perawatan Mesin (Tune Up Mesin) | 46 |
| 2.4 Benzena dan Kelelahan Kerja pada Mekanik Bengkel Sepeda Motor..... | 47 |
| 2.5 Kerangka Teori | 50 |
| 2.6 Kerangka Konseptual..... | 51 |
| BAB 3. METODE PENELITIAN..... | 53 |
| 3.1 Jenis Penelitian..... | 53 |
| 3.2 Tempat dan Waktu Penelitian..... | 53 |
| 3.2.1 Tempat Penelitian | 53 |
| 3.2.2 Waktu Penelitian..... | 53 |
| 3.3 Populasi dan Sampel Penelitian..... | 54 |
| 3.3.1 Populasi Penelitian..... | 54 |
| 3.3.2 Sampel Penelitian | 55 |
| 3.4 Variabel dan Definisi Operasional | 55 |
| 3.4.1 Variabel Penelitian..... | 55 |
| 3.4.2 Definisi Operasional Penelitian | 56 |
| 3.5 Sumber Data..... | 58 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.1 Data Primer | 58 |
| 3.5.2 Data Sekunder | 58 |
| 3.6 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data..... | 59 |
| 3.6.1 Teknik Pengumpulan Data..... | 59 |
| 3.6.2 Instrumen Pengumpulan Data..... | 66 |
| 3.7 Teknik Pengolahan, Penyajian dan Analisis Data | 67 |
| 3.7.1 Teknik Pengolahan Data | 67 |
| 3.7.2 Teknik Penyajian Data..... | 68 |
| 3.8 Alur Penelitian | 69 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 70 |
| 4.1 Hasil..... | 70 |
| 4.1.1 Gambaran Umum Bengkel AHASS | 70 |
| 4.1.2 Faktor Individu | 71 |
| 4.1.3 Faktor Lingkungan Kerja..... | 74 |
| 4.1.4 Kadar Benzena Lingkungan Kerja..... | 76 |
| 4.1.5 Kelelahan kerja pada mekanik | 77 |
| 4.1.6 Kelelahan Kerja pada Mekanik Berdasarkan Faktor Individu..... | 78 |
| 4.1.7 Kelelahan Kerja pada Mekanik Berdasarkan Faktor Lingkungan Kerja..... | 80 |
| 4.1.8 Kelelahan Kerja pada Mekanik Berdasarkan Kadar Benzena Lingkungan Kerja..... | 82 |
| 4.2 Pembahasan..... | 83 |
| 4.2.1 Faktor Individu Mekanik | 83 |
| 4.2.2 Faktor Lingkungan Kerja Mekanik..... | 86 |
| 4.2.3 Kadar Benzena Lingkungan Kerja..... | 88 |
| 4.2.4 Tabulasi Silang Faktor Individu Mekanik dan Kelelahan Kerja | 90 |
| 4.2.5 Tabulasi Silang Faktor Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja | 94 |
| 4.2.6 Tabulasi Silang Faktor Kadar Benzena dan Kelelahan Kerja..... | 96 |
| BAB 5. PENUTUP..... | 101 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 101 |

| | |
|----------------------|-----|
| 5.2 Saran | 102 |
| DAFTAR PUSTAKA | 104 |
| LAMPIRAN..... | 112 |



DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 | Sifat-sifat umum benzena..... | 8 |
| Tabel 2.2 | Tingkat Signifikansi Paparan Benzena (Inhalasi, Akut) | 18 |
| Tabel 2.3 | Tingkat Signifikansi Paparan Benzena (Inhalasi, Sedang) | 19 |
| Tabel 2.4 | Tingkat Signifikansi Paparan Benzena (Inhalasi, Kronik)..... | 20 |
| Tabel 3.1 | Variabel, Definisi Operasional, Alat Ukur, Skala Data, dan Kategori..... | 56 |
| Tabel 4.1 | Distribusi frekuensi responden berdasarkan umur..... | 72 |
| Tabel 4.2 | Distribusi frekuensi responden berdasarkan masa kerja | 72 |
| Tabel 4.3 | Distribusi frekuensi responden berdasarkan status gizi | 73 |
| Tabel 4.4 | Distribusi frekuensi responden berdasarkan suhu..... | 74 |
| Tabel 4.5 | Distribusi frekuensi bengkel berdasarkan kelembaban udara..... | 75 |
| Tabel 4.6 | Distribusi frekuensi bengkel berdasarkan kebisingan..... | 75 |
| Tabel 4.7 | Distribusi frekuensi bengkel berdasarkan kadar benzena udara lingkungan kerja..... | 76 |
| Tabel 4.8 | Hasil pengukuran kelelahan kerja sebelum bekerja..... | 77 |
| Tabel 4.9 | Hasil pengukuran kelelahan kerja setelah bekerja | 77 |
| Tabel 4.10 | Hasil tabulasi silang umur terhadap kelelahan kerja..... | 78 |
| Tabel 4.11 | Hasil tabulasi silang masa kerja terhadap kelelahan kerja..... | 79 |
| Tabel 4.12 | Hasil tabulasi silang status gizi terhadap kelelahan kerja | 80 |
| Tabel 4.13 | Hasil tabulasi silang suhu terhadap kelelahan kerja..... | 81 |
| Tabel 4.14 | Hasil tabulasi silang kelembaban terhadap kelelahan kerja..... | 81 |
| Tabel 4.15 | Hasil tabulasi silang kadar benzena lingkungan kerja terhadap kelelahan kerja | 82 |

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|------------|---------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 | Struktur kimia benzena | 9 |
| Gambar 2.2 | Jalur Metabolisme Benzena dalam Tubuh | 17 |
| Gambar 2.3 | Mekanisme Paparan Benzena Mengakibatkan Kelelahan Kerja | 49 |
| Gambar 2.4 | Kerangka Teori..... | 50 |
| Gambar 2.5 | Kerangka Konseptual | 51 |
| Gambar 3.1 | Peta Tempat Bengkel AHASS | 54 |
| Gambar 3.2 | <i>Microtoice</i> | 60 |
| Gambar 3.3 | <i>Bathroomscale</i> | 61 |
| Gambar 3.4 | <i>Thermohygrometer</i> | 62 |
| Gambar 3.5 | <i>Sound Level Meter</i> | 63 |
| Gambar 3.6 | <i>Reaction Timer</i> | 64 |
| Gambar 3.7 | Denah Bengkel AHASS | 65 |
| Gambar 3.8 | Pompa Sampling Benzena..... | 66 |
| Gambar 4.1 | Struktur Organisasi Bengkel AHASS | 70 |
| Gambar 4.2 | Buku Pedoman Operasional AHASS dan Alur Kerja..... | 99 |

DAFTAR SINGKATAN DAN NOTASI

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|-------|-------------------------------------------------------------------|
| ACGIH | = <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienist</i> |
| AHASS | = <i>Astra Honda Authorized Service Station</i> |
| ALMS | = <i>Atomic Line Molecular Spectrometry</i> |
| AML | = <i>Acute Myelogenous Leukemia</i> |
| APD | = <i>Alat Pelindung Diri</i> |
| ATP | = <i>Adenosine Triphosphate</i> |
| ATSDR | = <i>Agency for Toxic Substances and Disesae Registry</i> |
| BEIs | = <i>Biological Exposure Indices</i> |
| CDC | = <i>Centers for Disease Control and Prevention</i> |
| EHC | = <i>Education, Health and Care</i> |
| EPA | = <i>United States Enviromental Protection Agency</i> |
| FID | = <i>Flame Ionization Detector</i> |
| HOMC | = <i>High Octane Mogas Component</i> |
| IMT | = <i>Indeks Massa Tubuh</i> |
| IPCS | = <i>International Progamme on Chemical Safety</i> |
| IRIS | = <i>International Risk Information System</i> |
| LOAEL | = <i>Lowest Observed Adverse Effect Level</i> |
| MS | = <i>Mass Spectrometry</i> |
| NAB | = <i>Nilai Ambang Batas</i> |
| NIOS | = <i>National Institute for Occupational Safety and Health</i> |
| NOAEL | = <i>No Observed Adverse Effect Level</i> |
| PAH | = <i>Polisiklik Aromatik Hidrokarbon</i> |
| PID | = <i>Photoionization</i> |
| PEL | = <i>Permissible Exposure Limit</i> |
| RON | = <i>Research Octane Number</i> |
| SNI | = <i>Standar Nasional Indonesia</i> |
| STEL | = <i>Short Term Exposure Limit</i> |

| | |
|------|--------------------------------------------------------|
| SSP | = Sistem Saraf Pusat |
| TWA | = <i>Time Weighted Average</i> |
| OSHA | = <i>Occupational Safety and Health Administration</i> |

DAFTAR NOTASI

| | |
|-------------------|------------------------------------|
| - | = Sampai dengan |
| / | = Per |
| % | = Persentase |
| < | = Kurang dari |
| ≤ | = Kurang dari sama dengan |
| > | = Lebih dari |
| g/mol | = Gram per mol |
| °C | = Derajat celcius |
| g/L | = Gram per liter |
| Cp | = Centipoise |
| K | = Derajat Kelvin |
| °F | = Derajat Fahrenheit |
| ppm | = <i>Part per million</i> |
| ppb | = <i>Part per billion</i> |
| mg/m ³ | = <i>Miligram per cubic meter</i> |
| ug/m ³ | = <i>Microgram per cubic meter</i> |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran udara yang terjadi di Indonesia lebih banyak disebabkan oleh polusi udara yang berasal dari kendaraan bermotor. Hal ini dapat dilihat dari jumlah kendaraan bermotor di Indonesia yang meningkat tiap tahunnya sehingga sekarang mencapai jumlah 114.209.266 unit yang hampir sebagian besar (81,4%) didominasi oleh kendaraan bermotor beroda dua yaitu sebanyak 92.976.240 unit (Portal Satu Data Indonesia, 2015). Jumlah kendaraan bermotor di Provinsi Jawa Timur sendiri yaitu sebanyak 13.199.239 unit (Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 2014:26). Kabupaten Jember merupakan salah satu kabupaten yang terletak di daerah Jawa Timur yang memiliki tingkat penduduk cukup tinggi yaitu sebanyak 2.394.608 jiwa (BPS Provinsi Jawa Timur, 2015) sehingga dengan tingkat populasi penduduk yang tinggi menyebabkan jumlah kendaraan bermotor di Kabupaten Jember juga tinggi yakni sekitar 770.000 unit yang hampir 70-75% merupakan kendaraan roda dua (Sindo, 2016).

Beberapa zat pencemar di udara yang dikeluarkan akibat aktivitas kendaraan bermotor diantaranya karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), metana (CH₄), sulfur dioksida (SO_x), dan hidrokarbon (Handoyo dan Bambang, 2016:1-2). Bentuk dari senyawa hidrokarbon salah satunya adalah benzena, toluena dan xylene yang merupakan senyawaan Polisiklik Aromatik Hidrokarbon (PAH) yang terbentuk akibat pembakaran tidak sempurna bahan organik. Benzena merupakan salah satu senyawa hidrokarbon aromatik yang tidak berwarna, bersifat toksik, dan dapat mencemari lingkungan. Pencemaran lingkungan oleh benzena mengakibatkan kadar benzena lingkungan kerja yang tinggi sehingga berpotensi masuk kedalam tubuh dan mengakibatkan gangguan kesehatan. Absorpsi benzena ditubuh dapat melalui pernafasan sebanyak 70% dari keseluruhan jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh, melalui mulut benzena akan masuk sebesar 20-25% dan melalui kulit 5% benzena terserap ke dalam tubuh (ATSDR, 2007:155). Paparan benzena memberikan dampak yang serius terhadap kesehatan. Dampak kesehatan yang ditimbulkan oleh paparan benzena mengakibatkan terjadinya

anemia aplastik yang ditandai dengan penurunan sel darah merah secara besar-besaran (Citrakesumasari, 2012:20).

Benzena merupakan faktor kimia (zat beracun) yang dapat menyebabkan kelelahan kerja. Sifat benzena yang mudah menguap sehingga paparan benzena lebih banyak terhirup melalui saluran pernafasan. Menurut *Agency for Toxic Substances and Disease Registry* (ATSDR, 2007:41) paparan benzena selama 2,5 – 8 jam per hari dengan dosis 60 ppm secara inhalasi akan mempengaruhi sistem neurologis tubuh dan memberikan dampak pada tubuh yaitu salah satunya kelelahan. Dampak dari kelelahan kerja sendiri yaitu terjadinya pelemahan kegiatan (perasaan berat di seluruh kepala dan badan, pikiran kacau, dan mengantuk) dan terjadinya pelemahan motivasi (susah berfikir, tidak dapat berkonsentrasi dan perhatian terhadap sesuatu). Kelelahan kerja juga dapat memperberat kerja jantung karena saat terjadi kelelahan tubuh akan bernafas lebih cepat dan lebih dalam untuk memasok oksigen lebih banyak sehingga menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas, peningkatan risiko kecelakaan dan kram otot jantung yang dapat mengakibatkan risiko terjadinya serangan jantung. Menurut penelitian Tunsaringkarn *et al.*, (2012) terdapat hubungan yang signifikan antara paparan benzena dengan tanda kelelahan kerja yang dialami oleh pekerja SPBU di Bangkok, Thailand dengan persentase sebesar 29 %.

Salah satu pekerjaan dengan kadar benzena lingkungan kerja yang tinggi adalah mekanik bengkel sepeda motor. Bengkel sepeda motor merupakan sebuah industri yang bergerak dalam pemberian pelayanan perawatan dan perbaikan sepeda motor yang meliputi kegiatan penggantian ban, penggantian oli, penggantian cairan pendingin kendaraan, penggantian *spare part*, penggantian filter udara/filter oli, *tune up*, penggantian baterai, perbaikan dan pembersihan knalpot yang dilakukan oleh pekerja mekanik yang terdapat di bengkel (Arsana *et al.*, 2015). Kadar benzena yang masuk kedalam tubuh tenaga mekanik bengkel sepeda motor sebagian besar masuk ke jalur inhalasi yang bersumber dari bahan bakar yaitu bensin dan asap pembuangan akhir kendaraan bermotor yang memiliki kandungan hidrokarbon. Berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 933.K/10/DJM.S/2013 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi)

Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88 yang Dipasarkan di dalam Negeri mempunyai angka oktana riset minimum 88 RON dan tidak mengandung timbal (kandungan timbal maksimum 0,013 g/l). Belum ada pembatasan kandungan senyawa aromatik, olefin dan benzena dalam bensin. Permenakertrans no. 13/2011 tentang NAB faktor fisika dan faktor kimia di tempat kerja menyatakan bahwa NAB untuk paparan benzena di udara yaitu 0,5 ppm.

Kadar benzena yang masuk ke dalam tubuh pekerja mekanik bengkel sepeda motor juga dapat melalui jalur lain yaitu jalur kontak dengan kulit dan jalur pencernaan. Kadar benzena yang masuk melalui jalur pencernaan terjadi saat melakukan pembongkaran mesin untuk melakukan *tune up* mesin. Pekerja secara langsung terpapar bensin pada tangannya dan apabila para pekerja mekanik tidak membersihkan tangannya saat hendak mengkonsumsi makanan dan minuman yang mereka bawa ke tempat kerja maka kandungan benzena dalam bensin akan masuk ke dalam tubuh melalui mulut dan masuk ke dalam saluran pencernaan. Selain itu benzena juga dapat masuk ke dalam jalur pencernaan melalui makanan dan minuman yang para pekerja bawa ke tempat kerja karena sudah tercemar oleh benzena. Kadar benzena yang masuk melalui jalur kontak kulit dapat terjadi saat proses perawatan dan perbaikan karena para pekerja mekanik menggunakan bensin untuk kegiatan mencuci tangannya ketika membersihkan oli atau minyak pelumas yang menempel ditangan yang mengakibatkan tangan berkontak langsung dengan bensin sehingga kandungan benzena dalam bensin dapat masuk ke dalam tubuh melalui pori-pori kulit namun para mekanik secara rutin mencuci tangannya ketika bengkel hendak tutup atau berakhirnya hari kerja.

Bengkel AHASS Honda merupakan sebuah industri perbengkelan sepeda motor yang memberikan pelayanan perawatan dan perbaikan sepeda motor di seluruh wilayah Indonesia tidak terkecuali Kabupaten Jember. Jumlah Bengkel AHASS Honda di Kabupaten Jember merupakan jumlah bengkel terbanyak dengan jumlah 21 bengkel dibandingkan service sepeda motor resmi lainnya dan service bengkel mobil resmi yakni berjumlah 17 Bengkel yang tersebar di beberapa Kecamatan. Kecamatan Patrang terdapat tiga bengkel dan Kecamatan Sumpalsari terdapat empat bengkel yang merupakan Kecamatan dengan bengkel AHASS

Honda terbanyak dibandingkan Kecamatan lainnya. Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari juga memiliki tingkat arus, kecepatan, dan volume lalu lintas sangat padat. Menurut data Dinas Perhubungan Kabupaten Jember, proporsi jenis kendaraan di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari lebih banyak didominasi oleh kendaraan beroda dua yaitu sebesar 70-80% dan beberapa jalan di sekitar Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari memiliki *level of service* tingkat D yang menandakan bahwa arus lalu lintas mendekati tidak stabil dengan volume lalu lintas yang tinggi dan kecepatan dipengaruhi oleh perubahan kondisi arus.

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan pada bulan Desember 2016 oleh peneliti pada pekerja mekanik bengkel AHASS Honda di Kecamatan Patrang dapat diketahui bahwa 8 dari 10 pekerja mengalami kelelahan kerja dengan gejala umum yang dirasakan adalah lesu saat bekerja. Di bengkel AHASS Honda di kecamatan Patrang terdapat 6 pit perawatan dan perbaikan sepeda motor dan setiap satu pit dapat melakukan proses perawatan dan perbaikan sebanyak ± 8 unit sepeda motor setiap harinya sehingga dalam satu hari terdapat ± 48 unit dan dalam satu bulan dapat diestimasi jumlah total sepeda motor yakni ± 192 unit yang dilakukan perawatan dan perbaikan. Pekerja mekanik memiliki jam kerja mulai dari hari Senin sampai Minggu kecuali hari minggu pada akhir bulan, mulai dari pukul 08.00 – 16.30 (> 8 jam) dan memiliki jatah waktu istirahat bebas sehingga menyesuaikan para pekerja mekanik itu sendiri.

Alat pelindung diri yang digunakan pekerja mekanik yaitu baju lengan panjang dan celana panjang resmi dari bengkel. Pekerja mekanik bengkel sepeda motor juga mengaku sudah terbiasa mencium bau bensin meskipun tempat bengkel sudah memiliki ventilasi berupa *exhaust fan* (ventilasi buatan) dan pintu masuk bengkel yang luas (ventilasi alamiah). Para mekanik juga sering mengalami kontak dengan bensin dan menggunakan bensin untuk mencuci tangannya untuk membersihkan bekas kotoran seperti oli, sementara untuk hygiene personal dalam mencuci tangan para pekerja mekanik bengkel itu sendiri rutin membersihkan tangan dan kakinya setelah selesai bekerja menggunakan deterjen ketika bengkel hendak di tutup tetapi kulit sudah berkontak lama dengan benzena karena

penggunaannya sejak awal pekerjaan dimulai. Hal tersebut diperkirakan mempengaruhi kadar benzena di udara lingkungan kerja dan memberikan efek terhadap kelelahan kerja yang dirasakan pekerja mekanik di bengkel tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang Analisis Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS Honda di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari sub bab latar belakang yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya maka penulis dapat merumuskan masalah penelitian yaitu : “Bagaimana kadar benzena lingkungan kerja dan kelelahan kerja pada pekerja mekanik bengkel AHASS Honda di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember?”

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengkaji kadar benzena lingkungan kerja dan kelelahan kerja pada pekerja mekanik bengkel ahass honda di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Mendeskripsikan gambaran umum bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- b. Mendeskripsikan faktor individu meliputi umur, masa kerja, status gizi dan riwayat penyakit pada pekerja mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- c. Mengukur faktor lingkungan kerja meliputi iklim kerja dan kebisingan pada pekerja mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

- d. Mengukur kadar benzena lingkungan kerja di bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- e. Mengukur tingkat kelelahan kerja pada pekerja mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.
- f. Mengkaji tingkat kelelahan kerja pada pekerja mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember berdasarkan faktor individu meliputi umur, masa kerja, status gizi, dan riwayat penyakit.
- g. Mengkaji tingkat kelelahan kerja pada pekerja mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember berdasarkan faktor lingkungan kerja yaitu iklim kerja dan kebisingan.
- h. Mengkaji kadar benzena dan tingkat kelelahan kerja pada pekerja mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Teoritis

Secara teoritis diharapkan penelitian ini dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan Kesehatan Masyarakat khususnya di Bidang Kesehatan dan Keselamatan Kerja terkait masalah Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS Honda di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

1.4.2 Manfaat Praktis

a. Bagi peneliti

Mengembangkan kemampuan dalam bidang penelitian dan penyusunan karya tulis serta menerapkan ilmu dan teori yang telah didapat selama masa kuliah.

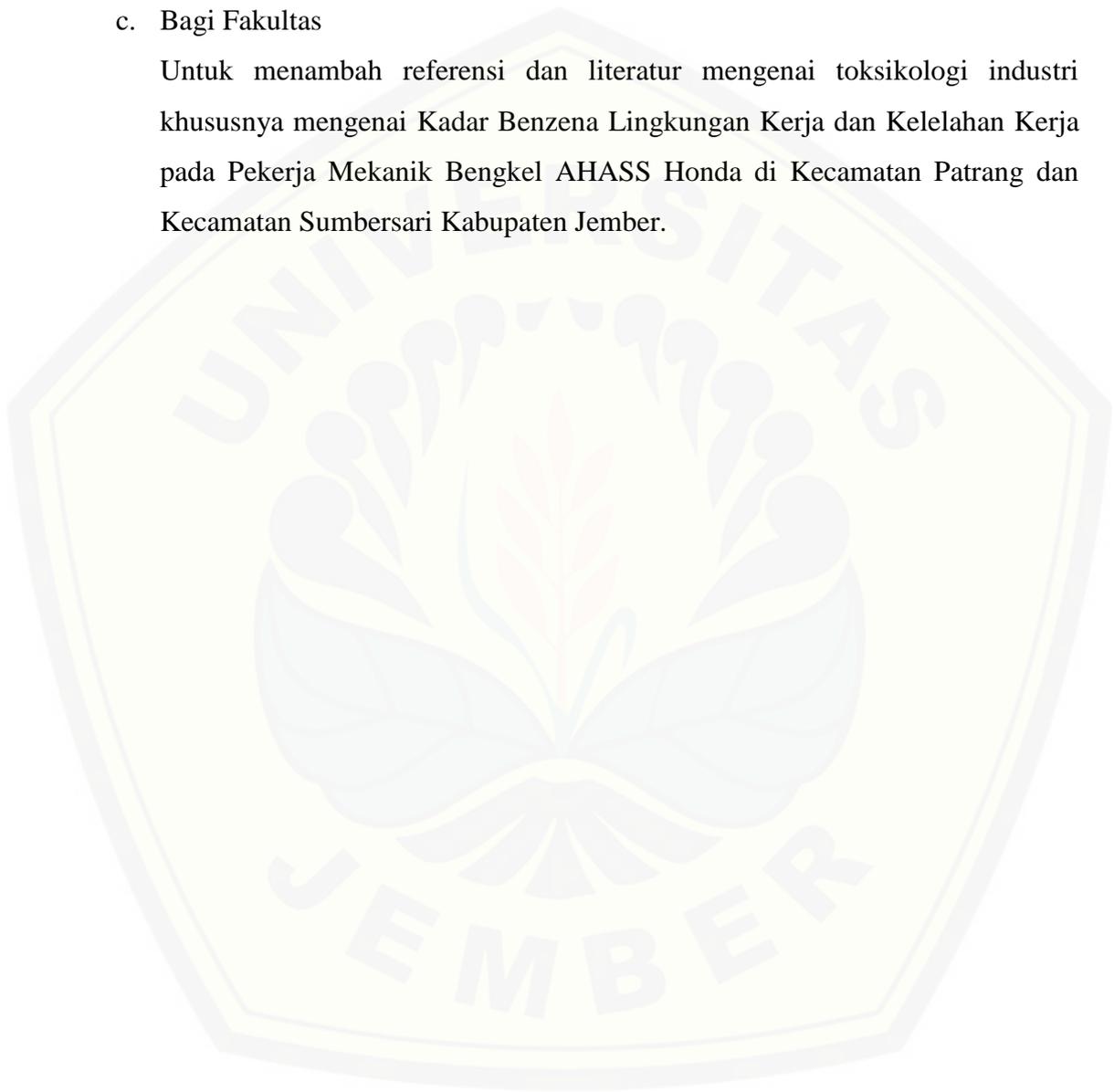
b. Bagi Perusahaan

Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk penyelenggaraan sistem keselamatan dan kesehatan kerja khususnya

mengenai manajemen untuk upaya membatasi diri terhadap paparan benzena di tempat kerja. Pekerja mekanik otomotif bengkel dapat mengetahui dampak dari paparan benzena terhadap kelelahan kerja sehingga dapat dilakukan upaya untuk meminimalisasi dampak dari benzena tersebut.

c. Bagi Fakultas

Untuk menambah referensi dan literatur mengenai toksikologi industri khususnya mengenai Kadar Benzena Lingkungan Kerja dan Kelelahan Kerja pada Pekerja Mekanik Bengkel AHASS Honda di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Benzena

2.1.1 Sifat-sifat umum benzena

Benzena adalah senyawa kimia yang tergolong senyawa hidrokarbon aromatik yang memiliki sifat toksik bagi pekerja dan merupakan salah satu pencemar lingkungan dengan rumus C_6H_6 . Benzena dikenal dengan beberapa nama antara lain benzol, cyclohexatrine, coal tar naphtam phenyl hydride. Berikut tabel dari sifat-sifat umum benzena :

Tabel 2.1 Sifat-sifat umum benzena

| No | Sifat umum | Informasi |
|-----|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Bentuk fisik | Cairan tidak berwarna, mudah menguap, mudah terbakar, dan mudah meledak |
| 2. | Berat molekul | 78.11 g/mol |
| 3. | Berat jenis pada 15 ⁰ C | 0,8787 g/L |
| 4. | Tekanan uap | 95.2 mmHg pada 25 ⁰ C, 75 mmHg pada 20 ⁰ C |
| 5. | Titik nyala | -11,1 ⁰ C |
| 6. | Titik nyala sendiri (Autoignition temperature) | 358 ⁰ C |
| 7. | Kelarutan dalam air | 0.8 g/L (15 ⁰ C), 1.75 g/L pada 25 ⁰ C |
| 8. | Viskositas | 0.652 Cp PADA 20 ⁰ C |
| 9. | Vapor density | 2,7 (lebih berat dari udara) |
| 10. | Titik didih | 80.1 ⁰ C |
| 11. | Titik leleh | 5.5 ⁰ C, 279 K, 42 ⁰ F |
| 12. | Lower Explosive Limit (LEL) | 1,2 % |
| 13. | Upper Explosive Limit (UEL) | 7,8 % |
| 14. | Faktor konversi | 1 ppm = 3.24 mg/m ³ pada 20 0C ; 1 mg/m ³ = 0.31 ppm ; 1 mg/L = 313 ppm |
| 15. | Sifat umum benzena lainnya | - Benzena sedikit larut dalam air tetapi sangat mudah larut dalam pelarut organik seperti alkhohol, kloroform, |

| No | Sifat umum | Informasi |
|----|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <ul style="list-style-type: none"> - eter, karbon sulfida, aseton, minyak, karbon tetraklorida, asam asetat glasial - Berwujud cair pada suhu ruang (27°C) - Mempunyai bau manis yang khas <ul style="list-style-type: none"> - Bersifat karsinogenik |

(Sumber : Siswanto, 1994: 96; ATSDR, 2007:2, IRIS, 2003:2, dan NIOSH, 2016)

2.1.2 Sumber Paparan Benzena

Benzena ditemukan pada tahun 1825 oleh seorang ilmuwan Inggris bernama Michael Faraday, ia mengisolasi dari gas minyak dan menamakannya *bikarburet* dari hidrogen. Lalu pada tahun 1833, kimiawan Jerman, Eilhard Mitscherlich menghasilkan benzena melalui distilasi asam benzoate (dari benzoin karet/*gum benzoin*) dan kapur. Mitscherlich memberinya nama *benzin*. Pada tahun 1845, kimiawan Inggris, Charles Mansfield, yang sedang bekerja di bawah August Wilhelm von Hofmann, mengisolasi benzena dari tir (*coal tar*). Empat tahun kemudian, Mansfield memulai produksi benzena berskala besar pertama menggunakan metode tir tersebut (ATSDR, 2007:243)



Gambar 2.1 Struktur kimia benzena
(Sumber : IARC, 2012:249)

Benzena adalah senyawa kimia organik, tidak berwarna, dan mudah terbakar dengan bau yang manis. Dalam pemanfaatannya, benzena merupakan salah satu komponen dalam bensin dan merupakan pelarut yang penting dalam dunia industri. Benzena juga sebagai bahan dasar dalam produksi obat-obatan, plastik, bensin, karet buatan, dan pewarna. Selain itu, benzena adalah kandungan

alami dalam minyak bumi, namun biasanya diperoleh dari senyawa lainnya yang terdapat dalam minyak bumi

Benzena pertama kali diproduksi secara komersial dari *coal tar* pada tahun 1849 dan dari minyak pada tahun 1941. Setelah Perang Dunia II, kebutuhan benzena bagi industri sangat besar, terutama untuk kebutuhan industri plastik, sehingga benzena kemudian diproduksi secara besar-besaran dari industri minyak bumi. Terdapat empat proses skimia dalam produksi benzena, yaitu *catalytic reforming*, *toluene hydrodealkylation*, *toluene disproportionation*, dan *steam cracking* (ATSDR, 2007:243).

Benzena merupakan salah satu senyawa kimia yang paling banyak digunakan dalam industri di dunia. Di Amerika Serikat, benzena merupakan peringkat teratas dari 20 zat kimia terbanyak yang diproduksi. Benzena digunakan secara luas sebagai pelarut dan industri obat sebagai bahan baku atau bahan intermediet dalam pembuatan banyak senyawa kimia, juga sebagai zat adiktif pada bensin. Penggunaan utama benzena adalah untuk produksi etilbenzena, *cumene*, dan sikloheksan. Etil benzena (penggunaan 55% benzena yang diproduksi) adalah senyawa intermediet untuk pembentukan stirena, dimana digunakan untuk pembentukan plastic. *Cumene* (24%) digunakan untuk memproduksi fenol dan aseton. Fenol digunakan untuk membuat resin dan nylon sebagai serat sintetik, sedangkan aseton digunakan sebagai pelarut dan industri obat. Sikloheksan (12%) digunakan untuk membuat nylon. Benzena juga merupakan salah satu komponen dalam bensin tanpa timbal untuk meningkatkan nilai oktan bensin, oleh karena itulah polusi udara yang disebabkan senyawa aromatic seperti benzena dalam bensin tanpa timbal meningkat (ATSDR, 2007:274).

US-EPA telah mengklasifikasikan benzena sebagai polutan udara berbahaya dan limbah berbahaya. Selain itu, ada bukti yang cukup untuk mendukung dalam pengklasifikasian benzena sebagai karsinogen manusia (Grup A) (IRIS, 2002 : 22). Oleh karena pengklasifikasian ini, di masa sekarang penggunaan benzena sebagai pelarut semakin dibatasi, tetapi diganti oleh pelarut organik lain. Tetapi karena benzena masih tetap terdapat dalam pelarut organik pengganti ini sebagai impurities (pengotor), maka manusia masih dapat terpajan

oleh benzena di lingkungan kerja. Benzena juga digunakan dalam industri pembuatan sepatu dan industri percetakan. Sebagai zat aditif pada bensin, benzena dapat meningkatkan nilai oktan (IARC, 2012:250). Konsekuensinya yaitu bensin mengandung benzena beberapa persen, ketika pada tahun 1050-an diganti oleh Tetraetil timbal sebagai zat anti ketuk. Tetapi karena timbal (Pb) juga merupakan zat berbahaya, maka benzena kembali digunakan sebagai aditif pada bensin di beberapa negara.

Benzena ditemukan di udara, air, tanah dan dari kegiatan industri serta sumber-sumber alami seperti gunung merapi, BBM, minyak mentah, bahkan dari kebakaran hutan. Sebagian besar paparan benzena adalah berasal dari bahan bakar motor, bengkel, asap rokok, dan emisi dari industri (ATSDR, 2007:250)

a. Sumber dari Industri

Benzena saat ini telah dipergunakan secara luas di perindustrian khususnya di industri perminyakan dan banyak industri yang menggunakan benzena sebagai campuran dalam pembuatan produk kimia lain seperti cumene (sejenis resin), cyclhoexane (untuk nylon dan fiber sintesis) dan styrene (sejenis plastik). Selain itu, benzena banyak digunakan di industri manufaktur, contohnya pelumas, bahan cat dan pewarna, industri karet, industri obat, industri sabun dan pestisida. Kontribusi emisi yang dihasilkan dari kegiatan industri sekitar 20% dari seluh total benzena yang ada di udara bebas (ATSDR, 2007:3)

b. Sumber dari Alam

Pada proses alami benzena dihasilkan oleh kebakaran hutan, proses gunung merapi dan benzena dihasilkan secara alami dari minyak mentah, asap rokok serta bensin. (ATSDR, 2007:248).

2.1.3 Nilai Ambang Batas Paparan Benzena

Di Indonesia memiliki beberapa standar yang telah ditetapkan untuk penetapan Nilai Ambang Batas (NAB) terhadap faktor-faktor fisika dan kimia di tempat kerja. Standar Nasional Indonesia tahun 2005 (SNI 2005) yang mengacu pada Surat Edaran Menteri Tenaga Kerja Nomor SE 01/Men/1997 yang memuat tentang Nilai Ambang Batas (NAB) rata-rata tertimbang waktu (TWA/*Time*

Weighted Average) zat kimia di tempat kerja dengan jumlah jam kerja 8 jam per hari atau 40 jam per minggu menyatakan bahwa benzena yang diklasifikasikan dalam kelompok A2 (zat kimia yang diperkirakan karsinogen untuk manusia) memiliki NAB sebesar 10 ppm atau 32 mg/m³ benzena di udara (SNI 2005).

Kemudian Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia NOMOR PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja menyatakan bahwa benzena diklasifikasikan dalam kelompok A4 (Tidak diklasifikasikan karsinogen terhadap manusia. Tidak cukup data untuk mengklasifikasikan bahan-bahan ini bersifat karsinogen terhadap manusia ataupun binatang) memiliki NAB sebesar 0,5 ppm.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA) mengeluarkan untuk batas ambang paparan benzena (PEL/*Permissible Exposure Limit*) yang diperbolehkan adalah 1 ppm untuk paparan selama 8 jam kerja) dan 5 ppm untuk paparan dalam jangka waktu pendek (STEL/*Short Term Exposure Limit*) kurang dari 15 menit. *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) menetapkan batas paparan benzena untuk TWA/*Time Weighted Average* adalah 0,1 ppm dan untuk nilai ambang batas paparan singkat atau *Short Term Exposure Limit* (STEL) sebesar 1 ppm, NIOSH juga mengklasifikasikan benzena sebagai karsinogen (NIOSH, 2016).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) *Threshold limit Values* (TLV) atau disingkat TLV-ACGIH menetapkan batas paparan benzena untuk TWA/*Time Weighted Average* adalah 0.5 ppm (1.6 mg/m³) dan untuk nilai ambang batas paparan singkat atau *Short Term Exposure Limit* (STEL) sebesar 2.5 ppm (8 mg/m³), ACGIH juga mengklasifikasikan benzena sebagai karsinogen bagi manusia (A1) (ATSDR, 2007:308).

2.1.4 Toksisitas Benzena

Apabila terpajan oleh benzena akan berdampak buruk pada kesehatan. Kandungan benzena di udara dalam kadar yang rendah dapat berasal dari rokok, bengkel, SPBU, poluasi dari kendaraan bermotor dan industri. Uap dari produk yang mengandung benzena, seperti lem, cat, pembersih furniture, dan deterjen juga

dapat menjadi sumber paparan. Benzena merupakan zat yang karsinogenik (zat penyebab kanker) terhadap manusia apabila terpajan. Studi epidemiologi membuktikan adanya hubungan antara paparan benzena yang berasal dari pelarut yang mengandung benzena dengan kejadian *acute myelogenous leukemia* (AML). Pengujian secara *in vivo* dan *in vitro* pada hewan dan manusia juga mengindikasikan benzena dan zat metabolitnya bersifat genotoksik, merubah gen, perubahan kromosom pada limfosit, dan sel sumsum tulang. Kerusakan pada sistem imun juga terjadi pada paparan benzena melalui inhalasi. Hal ini ditunjukkan oleh menurunnya jumlah antibodi dan menurunnya jumlah leukosit pada pekerja terpajan.

Efek paling sistemik yang dihasilkan pada paparan benzena kronis dan subkronis adalah kegagalan pembentukan sel darah merah. Paparan kronis benzena juga diperkirakan berpengaruh terhadap sistem saraf periperal pada tubuh. Biomarkes awal untuk paparan benzena tingkat rendah adalah berkurangnya jumlah sel darah merah. Penemuan klinis dalam hematoksisitas benzena adalah *cytopenia*, yaitu penurunan unsur-unsur yang terkandung dalam sel darah yang mengakibatkan *anemia, leukopenia, atau thrombocytopenia* pada manusia dan hewan percobaan. Benzena juga dapat menyebabkan kerusakan dalam tubuh yang sangat berbahaya yang disebut anemia aplastik, dimana tubuh tidak berhasil membentuk sel darah merah karena rusaknya sumsum tulang yang memproduksi sel darah. Anemia aplastik ini merupakan indikasi awal terjadinya *acute non-lymphocytic leukemia* (leukemia non-limfosit akut).

Paparan benzena dengan kadar tinggi melalui inhalasi (jalur pernapasan) dapat menyebabkan kematian, sementara paparan kronis dosis rendah dapat menyebabkan pusing, detak jantung cepat, kepala pusing, tremor, kebingungan dan tidak fokus. Apabila termakan atau terminum bahan dengan kandungan benzena tinggi dapat menyebabkan batuk, serak, dan rasa terbakar di mulut. Faring dan kerongkongan, iritasi pada lambung, rasa mengantuk berlebihan, dan akhirnya kematian. Efek neurologis telah dilaporkan pada manusia yang terpajan benzena berkadar tinggi. Paparan fatal melalui inhalasi menyebabkan terjadinya *vascular congestion* di otak. Paparan inhalasi kronis dapat menyebabkan terjadinya *distal*

neuropathy, susah tidur, dan kehilangan memori. Paparan melalui oral mempunyai efek yang sama dengan paparan melalui inhalasi. Studi pada hewan menyatakan bahwa paparan benzena melalui inhalasi menyebabkan berkurangnya aktivitas listrik di otak, kehilangan refleks, dan tremor. Paparan benzena melalui kulit tidak menyebabkan kerusakan pada saraf. Paparan akut melalui oral dan inhalasi dengan kadar benzena tinggi dapat menyebabkan kematian, paparan tersebut yang berhubungan dengan depresi sistem saraf pusat (SSP). Paparan kronis pada tingkat rendah berhubungan dengan efek terhadap sistem saraf perifer. (ATSDR, 2007:29)

2.1.5 Toksikokinetik Benzena

Paparan utama benzena masuk ke dalam tubuh yaitu melalui saluran pernafasan (inhalasi), namun benzena juga bisa masuk dengan cara lain yakni melalui mulut (oral) atau kulit. Penyerapan benzena selalu siap diserap baik melalui inhalasi, oral maupun kulit. Benzena yang terabsorpsi dalam tubuh nantinya dengan cepat didistribusikan ke seluruh tubuh dan cenderung terakumulasi di jaringan lemak. Hati memiliki peranan penting dalam menghasilkan beberapa metabolit benzena yang reaktif dan berbahaya. Meskipun benzena secara mudah dapat masuk ke dalam tubuh namun pengaruh dari toksisitas benzena juga dipengaruhi oleh siklus metabolisme dalam tubuh karena masih belum ada penemuan mengenai metabolit benzena yang menjadi penyebab satu-satunya terhadap kejadian *hematopoietic* dan *leukemogenic* pada tubuh. Pada pemaparan benzena dengan dosis rendah, sering kali benzena akan di metabolisme dan di ekskresikan melalui urin sementara pada pemaparan benzena dengan dosis tinggi, benzena akan di ekskresikan melalui saluran pernafasan (ATSDR, 2007:154).

2.1.5.1 Absorpsi Benzena

Benzena dengan cepat diabsorpsi melalui saluran pernafasan dan pencernaan. Penyerapan melalui kulit cepat tetapi tidak luas, hal ini disebabkan karena benzena yang menguap dengan cepat. Sekitar 50% dari benzena yang dihirup diabsorpsi setelah paparan 4 jam pada konsentrasi sekitar 50 ppm benzena di udara. Sebuah penelitian *in vivo* pada manusia menunjukkan bahwa terjadi

absorpsi sekitar 0,05% dari dosis benzena yang diaplikasikan pada kulit, sedangkan pada penelitian *in vitro* kulit manusia, penyerapan benzena secara konsisten sebanyak 0,2% setelah paparan dosis antara 0,01-520 mikroliter per persegi sentimeter. Belum ada penelitian absorpsi melalui oral pada manusia. Pada hewan, di sedikitnya 90% dari benzena diserap setelah konsumsi pada dosis 340-500 miligram per kilogram per hari (mg/kg/hari) (ATSDR, 2007:159).

Setengah dari benzena yang terhirup dalam konsentrasi tinggi akan masuk ke dalam saluran pernafasan yang kemudian masuk ke dalam aliran darah. Hal yang sama terjadi jika paparan benzena melalui makanan dan minuman, sebagian besar benzena akan masuk ke dalam jaringan gastrointestinal, kemudian masuk ke dalam jaringan darah. Sejumlah kecil benzena masuk melalui kulit melalui kontak langsung antara kulit dengan benzena atau produk yang mengandung benzena. Di dalam jaringan darah, benzena akan beredar ke seluruh tubuh dan disimpan sementara di dalam lemak dan sumsum tulang, kemudian akan dikonversi menjadi metabolit di dalam hati dan sumsum tulang. Sebagian besar hasil metabolisme akan keluar melalui urin dengan waktu sekitar 48 jam setelah paparan. Apabila tidak segera dikeluarkan melalui ekspirasi, benzena akan diabsorpsi ke dalam darah. Benzena larut dalam cairan tubuh dalam konsentrasi rendah dan secara cepat dapat terakumulasi dalam jaringan lemak karena kelarutannya yang tinggi dalam lemak. Uap benzena mudah diabsorpsi oleh darah yang sebelumnya diabsorpsi oleh jaringan lemak. Benzena masuk ke dalam tubuh dalam bentuk uap melalui inhalasi dan absorpsi terutama melalui paru-paru, jumlah uap benzena yang absorpsi melalui inhalasi adalah sebesar 70-80% pada 5 menit awal paparan benzena yang kemudian absorpsinya berkurang secara cepat yakni sekitar 40-50% setelah beberapa jam terpapar benzena dari keseluruhan jumlah benzena yang masuk ke dalam tubuh (ATSDR, 2007:154).

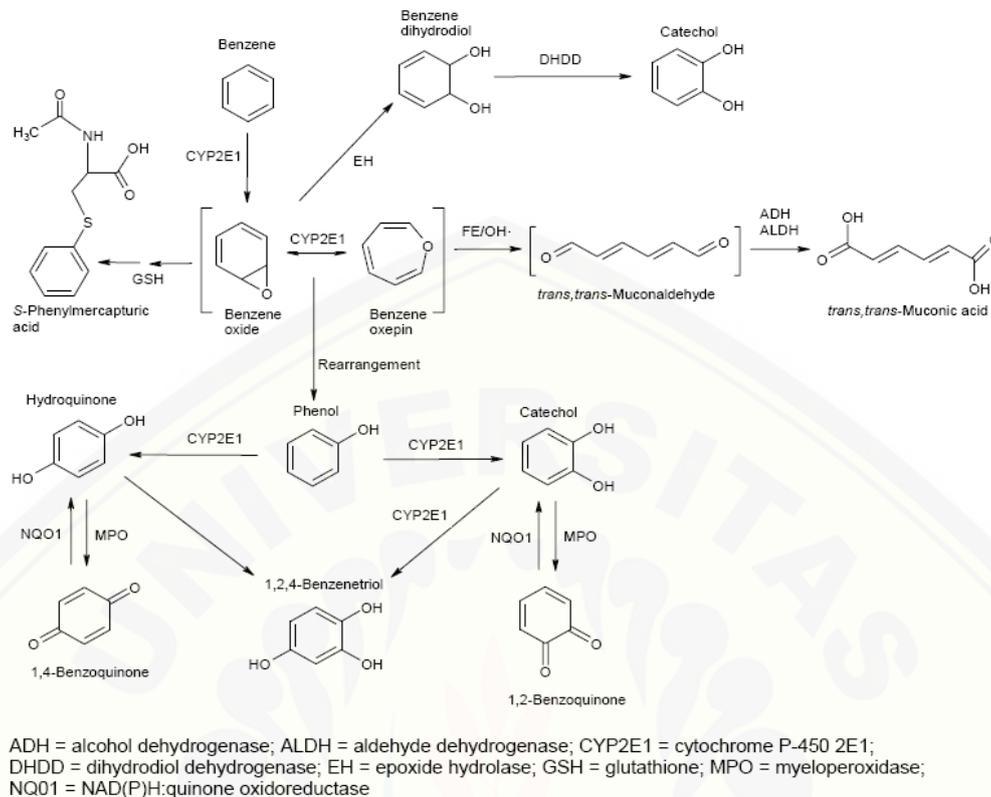
2.1.5.2 Distribusi Benzena

Distribusi benzena ke seluruh tubuh melalui absorpsi dalam darah, karena benzena bersifat lipofilik, maka distribusi terbesar adalah dalam jaringan lemak. Jaringan lemak, sumsum tulang, dan urin mengandung sekitar 20 kali konsentrasi

benzena lebih banyak daripada yang terdapat dalam darah. Kadar benzena dalam otot dan organ-organ 1-3 kali lebih banyak dibandingkan dalam darah. Eritrosit (sel darah merah) mengandung benzena sekitar 2 kali lebih banyak di dalam plasma (ATSDR, 2007:164).

2.1.5.3 Metabolisme Benzena

Umumnya efek kanker dan nonkanker disebabkan oleh satu atau lebih metabolit reaktif dari benzena. Metabolit diproduksi di hati yang kemudian nantinya dibawa ke sumsum tulang dimana toksisitas benzena akan muncul. Metabolisme benzena juga bisa terjadi dalam sumsum tulang dalam jumlah yang sedikit. Meskipun metabolisme benzena telah dipelajari secara ekstensif, proses terjadinya toksisitas benzena belum sepenuhnya dipahami. Namun secara garis besar proses metabolisme benzena dalam tubuh yakni langkah pertama adalah enzim *cytochrome* P-450 2E1 (CYP2E1) mengkatalisis reaksi oksidasi benzena menjadi benzena oksida yang berkesetimbangan dengan benzena oxepin, yang kemudian termetabolisme menjadi fenol (produk metabolit utama benzena). Fenol kemudian dioksidasi dengan katalisis CYP2E1 menjadi katekol atau hidrokuinon, yang kemudian dengan enzim *myeloperoxidase* (MPO) dioksidasi menjadi metabolit reaktif 1,2- dan 1,4-benzokuinon. Katekol dan hidrokuinon dapat diubah menjadi metabolit 1,2,4-benzoenatriol dengan katalisis CYP2E1. Reaksi metabolisme benzena yang lain adalah reaksi dengan glutathion (GSH) yang menghasilkan asam S-fenilmerkapturat. Kemudian reaksi dengan katalis Fe (besi) yang menghasilkan produk dengan cincin terbuka, yaitu asam trans,trans-mukonat dengan senyawa intermediet trans,trans-mukonaldehida yang merupakan metabolit benzena yang hematoksik (racun terhadap sistem darah) (ATSDR, 2007:166).



Gambar 2.2 Jalur Metabolisme Benzena dalam Tubuh
(Sumber: ATSDR, 2007:167)

2.1.5.4 Eksresi Benzena

Pada paparan inhalasi, ekskresi benzena dalam tubuh terjadi melalui proses ekskresi dan ekshalasi. Proses utama eliminasi dan ekskresi benzena yang tidak berbentuk metabolit dalam tubuh yakni melalui inhalasi, sementara ekskresi utama benzena sebagai metabolit yakni dalam urin, khususnya sebagai asam sulfat dan *glucuronid* terkonjugasi fenol. Tidak ada studi terkait ekskresi karena paparan oral pada manusia. Namun, sebuah penelitian pada kelinci dengan benzena radiolabel (sekitar 340 mg/kg berat badan), menemukan bahwa 43% dari label itu hilang sebagai bukan metabolit benzena. Ekskresi urin sebesar 33%, terdiri dalam bentuk *phenol* terkonjugasi (23.5%), *hydroquinone* (4.8%), *catechol* (2.2%), dan *hydroxyquinol* (0.3%). Data yang tersedia terbatas terkait ekskresi paparan benzena dalam tubuh manusia karena paparan dermal (ATSDR, 2007:177).

2.1.6 Efek Paparan Benzena terhadap Kesehatan

Benzena mempunyai sifat yang toksik baik terhadap manusia maupun binatang. Efek toksik benzena dapat dikategorikan menjadi 3 (tiga) yaitu efek berdasarkan cara masuknya (port d'entry), efek berdasarkan lama panjangan dan efek berdasarkan jenis gangguan kesehatan yang ditimbulkan.

2.1.6.1 Efek Toksik Berdasarkan Cara Masuknya (*Port D'entry*)

a. Efek Toksik Melalui Inhalasi

Efek toksik paparan benzena pada konsentrasi tinggi melalui inhalasi dapat mengakibatkan depresi pada susunan syaraf dan dapat mengakibatkan kematian. Penguapan benzena dalam konsentrasi tinggi akan menyebabkan keracunan akibat dari penghirupan. Pada tingkat permulaan, benzena terutama berpengaruh terhadap susunan syaraf pusat. Tanda-tanda utamanya adalah : mengantuk, pusing, sakit kepala, vertigo dan kehilangan kesadaran

Tabel 2.2 Tingkat Signifikansi Paparan Benzena (Inhalasi, Akut)

| Efek | Spesies | Durasi/ Frekuensi paparan | Sistem | NOAEL (ppm) | LOAEL (ppm) | |
|------------|---------|---------------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| | | | | | Kurang serius | Serius |
| Kematian | Manusia | 1 hari 5-10 menit | | | | 2000 |
| Kematian | Tikus | | | | | 13700 |
| Sistemik | Manusia | 1-21 hari 2,5-8 jam/hari | Respirasi | | 60 (Iritasi membran mukosa) | 60 (Leukop eni, anemia, trobosit openia, MCV>>) |
| | | | Darah | | | |
| Sistemik | Tikus | 7 jam/hari | Dermal | | 60 (Iritasi Kulit) | 50 (Berat badan turun) |
| | | | Berat Badan | 10 | | |
| Neurologis | Manusia | 30 menit | | | | 300 (sakit kepala) |

| Efek | Spesies | Durasi/ Frekuensi paparan | Sistem | NOAEL (ppm) | LOAEL (ppm) | |
|------------|---------|------------------------------------|--------|----------------|------------------------------------|--------|
| | | | | | Kurang serius | Serius |
| Neurologis | Manusia | 1-21 hari 2,5-8 jam jam/hari | | | 60 (pusing, mual, kelelahan) | |
| Neurologis | Tikus | 6-15 hari 6 jam/hari | | 300 | 2200 | |
| Neurologis | Tikus | 6-15 hari 6 jam/hari | | 100 | | |

(Sumber :ATSDR, 2007:33-45)

Tabel 2.3 Tingkat Signifikansi Paparan Benzena (Inhalasi, Sedang)

| Efek | Spesies | Durasi/ Frekuensi paparan | Sistem | NOAEL (ppm) | LOAEL (ppm) | |
|------------|---------|---------------------------------------------------|--------|----------------|------------------|----------------------------------------------------|
| | | | | | Kurang serius | Serius |
| Kematian | Tikus | 15 minggu 4-5 hari / minggu 4-7 jam/hari | | | | 200 (mati) |
| Kematian | Manusia | 4 bulan – 1 tahun | darah | | | 150 |
| Sistemik | Manusia | 4 bulan – 1 tahun | Darah | | | 210 |
| Sistemik | Manusia | 1 tahun | Darah | | 40 | |
| Sistemik | Manusia | 1 tahun | Darah | | | 29 |
| Sistemik | Tikus | 3 minggu 5 hari / minggu 6 jam/hari | Darah | | | 500 (berkurang jumlah WBC, RBC, Hb) |
| Neurologis | Tikus | 3 minggu 3-4 x 4 jam | | | | 929 |
| Reproduksi | Tikus | 10 minggu 5 hari / minggu 6 jam/hari | | 300 | | |
| Kanker | Manusia | 3,5 bulan – 19 bulan | | | | 29 (CEL) |
| Kanker | Tikus | 15 minggu 4-5 hari / minggu 4-7 jam/hari | | | | 200 (CEL) |

(Sumber :ATSDR, 2007:45-58)

Tabel 2.4 Tingkat Signifikansi Paparan Benzena (Inhalasi, Kronik)

| Efek | Spesies | Durasi/ Frekuensi paparan | Sistem | NOAEL (ppm) | LOAEL (ppm) | |
|----------|---------|--------------------------------------------------|--------|----------------|------------------|-------------------------------------------------|
| | | | | | Kurang serius | Serius |
| Kematian | Tikus | 104 minggu 5 hari / minggu 4-7 jam/hari | | | | 200 (61% mati) |
| Sistemik | Manusia | 4 bulan – 15 tahun | Darah | | | 150 |
| Sistemik | Manusia | 14 tahun | Darah | 0,55 | | |
| Sistemik | Manusia | 1 – 3 tahun | Darah | | | 3 (anemia) |
| Sistemik | Manusia | 1 – 3 tahun | Darah | | | 25 (MCV bertamba h) |
| Sistemik | Manusia | 3 minggu 5 hari / minggu 6 jam/hari | Darah | | | 500 (berkurang jumlah WBC, RBC, Hb) |
| Kanker | Manusia | 4 – 15 tahun | | | | 150 (CEL) |
| Kanker | Manusia | 1 – 10 tahun | | | | 10 (CEL) |
| Kanker | Manusia | 1 – 14 tahun | | | | 63 (CEL) |
| Kanker | Manusia | 1 – 30 tahun | | | | 200 (CEL) |

(Sumber :ATSDR, 2007:58-72)

b. Efek Toksik Melalui Kulit

Bila benzena memapari manusia melalui kulit, maka akan terjadi proses absorpsi tetapi lebih kecil jika dibandingkan dengan proses absorpsi melalui saluran pernafasan. Jika terkena kulit dapat menyebabkan iritasi, kemerahan pada kulit, kulit sedikit melepuh, dan bersisik (ATSDR, 2007:138-141).

c. Efek Toksik Melalui Oral

Benzena bila masuk ke manusia melalui saluran pencernaan dapat mengakibatkan efek akut yang membahayakan. Efek akut yang terjadi antara lain:

1. Dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan sehingga menyebabkan muntah-muntah.

2. Dapat mempengaruhi pada sistem syaraf pusat yang dapat menyebabkan kejang, tremor, iritasi, tertekan/depresi, kehilangan keseimbangan dan koordinasi, pening, sakit kepala, kepuatan dan perasaan euforia berlebihan.
3. Dapat mengganggu saluran pernafasan yaitu susah bernafas dan konstaksi dada
4. Dapat mengganggu sistem kardiovaskuler dengan gejala denyut nadi yang melemah ataupun denyut nadi yang semakin kencang
5. Gangguan pada sistem darah (ATSDR, 2007:104-138)

2.1.6.2 Efek Toksik Berdasarkan Lama Paparan

Efek kesehatan dibagi menjadi beberapa durasi/lama paparan terjadi, efek toksik akut (14 hari atau kurang), efek toksik sedang (15-364 hari), dan efek toksik kronis (365 hari atau lebih).

a. Efek toksik akut (<14 hari)

Efek toksik akut adalah suatu efek yang ditimbulkan benzena dimana gejalanya dapat langsung dirasakana dalam waktu yang relatif cepat. Paparan singkat (5-10 menit) pada konsentrasi tinggi 20.000 ppm di udara dapat mengakibatkan kematian pada manusia, konsentrasi 16.000 ppm dengan paparan 4 hari dapat menyebabkan kematian pada tikus dan paparan 36 menit pada konsentrari 45.000 mengakibatkan kematian pada kelinci. Pada pemberian sesaat pada manusia melalui saluran pencernaan dengan kadar 125 mg/kg/hari juga dapat mengakibatkan kematian.

b. Efek toksik sedang (15 – 365 hari)

Efek toksik sedang memiliki waktu paparan selama 15-365 hari. Dari beberapa penelitian efek toksik sedang dari benzena didapatkan hasil antara lain kematian, efek sistemik, efek neurologis, kanker, efek sistem imunitas, efek reproduksi.

c. Efek toksik kronis (> 365 hari)

Efek toksik kronis didapatkan pada saat pemajanan dalam jangka waktu yang lama yaitu lebih dari 1 tahun atau 365 hari. Efek toksik kronis dari benzena adalah kematian, efek sistemik, efek neurologis, kanker, efek sistem imunitas, efek

reproduksi, kerusakan pada sumsum tulang belakang (irreversible), degenarsi lemak, aplasia dan leukimia akut atau kronis (Siswanto, 1994:97-98)

2.1.6.3 Efek Toksik Berdasarkan Gangguan Kesehatan yang

Benzena mempunyai efek terhadap kesehatan manusia, beberapa efek yang ditimbulkan oleh benzena antara lain :

a. Efek Karsinogenik

Bukti kuat adanya potensi terjadinya kanker karena paparan benzena telah dibuktikan dalam studi cohort pada pekerja di Ohio dan China. EPA, IARC dan departemen kesehatan di Amerika telah menggolongkan benzena sebagai bahan toksik yang karsinogenik pada manusia. EPA mengelompokkan benzena sebagai katagori A (karsinogenik pada manusia). Berdasarkan data leukimia pada manusia, EPA mendapatkan range risiko untuk benzena melalui pernafasan adalah $2,2 \times 10^{-6}$ – $7,8 \times 10^{-6}$ (ug/m³). Pada tingkat risiko dari 1×10^{-4} – 1×10^{-7} , berturut-turut konsentrasi udara bebas adalah 13,0–45,0 µg/m³ (4–14 ppb) to 0,013–0,045 µg/m³ (0,004–0,014 ppb). Salah satu studi yang dilakukan oleh Aksoy & Erdem, 1978, mereka meneliti 44 pasien dengan pansitopenia akibat paparan benzena adhesive (bahan perekat) pada tingkat paparan sebesar 480-2100 mg/m³ (150-650 ppm) selama 4 bulan sampai 15 tahun membuktikan bahwa 6 dari 44 pasien tersebut terdiagnosis leukemia myeloid metaplasia.

Kesimpulan dari beberapa konsensus menyatakan bahwa benzena merupakan zat karsinogenik pada manusia berdasarkan data pada penghirupan pada manusia dan juga didukung adanya penelitian pada binatang. Kanker pada manusia disebabkan adanya paparan benzena melalui pernafasan dengan lebih berpengaruh pada leukimia akut *nonlympocytic (myelocytic)*, dimana benzena merupakan zat karsinogensik pada binatang baik paparan melalui pernafasan maupun melalui saluran pencernaan (ATSDR, 2007:78-104).

b. Efek Imunologi

Benzena telah menunjukkan efek yang buruk terhadap sistem *immunological* pada manusia pada saat terpajan benzena melalui saluran pernafasan pada durasi sedang dan kronis. Efek buruk ini merusak sistem antibodi dan respon selular

(leukosit). Penelitian pada manusia pada paparan dengan durasi sedang dan kronis menunjukkan bahwa benzena menyebabkan penurunan tingkat sirkulasi leukosit pada pekerja yang terpapar benzena kadar rendah (30 ppm) dan menurunkan tingkat sirkulasi sistem antibodi pada pekerja yang terpapar benzena dengan konsentrasi 3-7 ppm. Penelitian yang lain juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan lymphocytes manusia dan komponen-komponen darah setelah terpapar, efek ini dapat dilihat pada tingkat paparan lingkungan kerja pada konsentrasi 1 ppm atau malah lebih rendah.

Dari informasi ini bahwa efek buruk terhadap sistem imunologi dapat terjadi pada manusia setelah mengalami paparan baik melalui saluran pernafasan, kulit maupun saluran pencernaan, sejak terjadi penyerapan benzena yang melalui berbagai cara akan meningkatkan risiko kerusakan sistem imunologi. Penelitian menunjukkan bahwa sistem imunologi dapat mudah terpajan paparan kronis pada konsentrasi rendah, sehingga orang-orang yang tinggal disekitar daerah pembuangan limbah berbahaya dapat terpapar baik melalui udara, air maupun makanan yang tercemar dapat mengakibatkan kerusakan sistem imunologi (ATSDR, 2007:18-19).

c. Efek Neurologis

Setelah inhalasi akut paparan benzena pada manusia, menunjukkan gejala terhadap efek sistem saraf pusat. Gejala yang dapat terjadi pada tingkat konsentrasi antara 300-3000 ppm, diantaranya mengantuk, pusing, sakit kepala, vertigo, tremor, delirium, dan kehilangan kesadaran. Pada kondisi akut (5-10 menit) untuk konsentrasi benzena yang lebih tinggi (sekitar 20.000 ppm) dapat mengakibatkan kematian, terkait dengan terjadinya kemacetan pembuluh darah di otak. Pada paparan kronis benzena dilaporkan dapat mengakibatkan kelainan neurologis pada manusia. Sebuah studi pada 8 pasien (6 pasien dengan anemia aplastik dan 2 dengan preleukemia) akibat paparan adhesive/perekat dan pemanfaatannya yang mengandung 9-88% benzena, menghasilkan 4 dari 6 pasien dengan anemia aplastik menunjukkan kelainan neurologis (atrofi global ekstermitas bawah dan neuropati distal ekstermitas atas). Temuan lain menyebutkan bahwa konsentrasi benzena di udara tempat kerja mencapai tingkat >210 ppm dapat menyebabkan efek toksik

pada sistem saraf perifer yang melibatkan saraf dan atau sumsum tulang belakang (ATSDR, 2007:19-20).

d. Efek terhadap Perubahan Kromosom

Telah terbukti bahwa terkait efek kromosomal akibat paparan benzena terhadap pekerja. Perubahan terjadi pada struktur dan jumlah kromosom, ini terjadi pada penelitian yang mengamati dengan konsisten terhadap limfosit dan sel-sel tulang sumsum pekerja yang terpajan benzena. Penelitian lainnya mengamati efek yang sama yakni pada pekerja yang terpapar benzene 30 ppm mengalami peningkatan terjadinya monosomi kromosom (ATSDR, 2007:149).

e. Efek Hematological

Penelitian terhadap manusia maupun binatang menunjukkan bahwa *benzena* mempunyai efek toksik yang kuat terhadap bermacam-macam bagian dalam sistem hematologi. Semua jenis sel darah utama dapat terpengaruh (eritrosit, leukosit, dan platelets). Efek lebih keras terjadi ketika terdapat hypoplasia pada sumsum tulang atau sumsum hyperselular menunjukkan ketidakefektifan sistem hematologi sehingga semua tipe sel darah ditemukan berkurang jumlahnya. Ini lebih dikenal sebagai pancytopenia. Kerusakan yang parah pada sumsum tulang termasuk jaringan sel aplasia dikenal sebagai anemia aplasia dan dapat terjadi dengan paparan benzena dalam waktu yang lama. Kondisi ini dapat menimbulkan terjadinya leukemia

Penelitian pada binatang mendukung adanya temuan yang signifikan pada manusia terutama pada pengurangan jumlah dari tiga komponen besar darah yaitu sel darah putih, sel darah merah dan *platelets* dan juga bukti yang lain mempunyai efek yang buruk terhadap komposisi unit darah (pengurangan jaringan sel tulang sumsum, hiperplasia dan hypoplasia pada tulang sumsum, hiperplasia granulositik, pengurangan jumlah koloni bentuk sel stem granulopoitik dan sel progenitor eritrosit, merusak eritrosit dan bentuk sel eritroblastik) telah dilakukan observasi pada binatang dengan konsentrasi *benzena* berkisar antara 10 – 300 ppm dan di atasnya (ATSDR, 2007:16-18).

2.1.7 Faktor Risiko yang Mempengaruhi Paparan Benzena

Cepat lambatnya proses keracunan bahan kimia dipengaruhi oleh beberapa faktor yang secara tidak langsung berpengaruh terhadap paparan benzena dalam manusia. Adapun faktor- faktor yang mempengaruhi keadaan keterpaparan benzena pada manusia yaitu usia, semakin tua umur tenaga kerja maka semakin tinggi risiko keracunan benzenanya. Jenis kelamin juga berpengaruh terhadap kerentanan toksisitas benzena. Menurut ATSDR (2007:164) dibandingkan kinetika eliminasi benzena pada pria dan perempuan sama usai. Laki-laki menunjukkan kinetika eliminasi yang kurang dibanding perempuan. Hal ini dikarenakan lemak dalam perempuan lebih banyak dibanding laki-laki. Durasi paparan merupakan lamanya seseorang terpapar bahan kimia dalam waktu satu tahun. Semakin lama (bertahun-tahun) seseorang terpapar bahan kimia di tempat kerja dan berkontak dengan bahan kimia tersebut seperti benzena maka semakin banyak pula paparan bahan kimia yang diterima oleh tubuh seseorang tersebut. Riwayat penyakit menjadi salah satu faktor yang berisiko terhadap paparan benzena karena akan berkaitan dengan sistem kekebalan tubuh dari seseorang pekerja yang berpengaruh terhadap besarnya paparan benzena yang masuk ke dalam tubuh. Faktor lainnya yang berpengaruh terhadap paparan benzena pada manusia yakni kebiasaan merokok. Menurut ATSDR (2007:276) menjelaskan bahwa perokok yang menghabiskan 32 batang rokok dalam sehari maka sebanyak 1,8 mg benzena telah masuk kedalam tubuhnya.

2.1.8 Pencegahan dan Penanganan Paparan Benzena

Paparan benzena ke manusia dapat dikurangi menggunakan beberapa cara. Paparan benzena biasanya terjadi di lingkungan kerja sehingga cara mencegah paparan benzena dapat dilakukan dengan mengurangi dan menutup sumber paparan benzena, mengganti benzena dengan pelarut lainnya yang lebih aman dibanding benzena dan menggunakan alat pelindung diri selama bekerja.

Cara lain untuk mengurangi paparan benzena adalah dengan menjauhi asap rokok, dan berhenti merokok apabila pekerja merupakan seorang perokok aktif. Hal ini diakibatkan karena asap rokok merupakan sumber paparan benzena. Selain itu membatasi uap bensin ketika mengisi bensin dan memilih tempat pengisian bahan

bakar degan sistem yang aman dimana dapat menjaga uap bensin yang mengandung benzena agar tidak terlalu banyak keluar. Serta dengan menjauhi bensin kontak langsung dengan kulit.

Selain dari bensin, benzena juga terdapa di cat, lem dan bahan-bahan lainnya, sehingga untuk mengurangi paparan benzena dapat dilakukan dengan meminimalisasi atau menghindari paparan uap dari bahan-bahan tersebut dan meletakkan bahan-bahan tersebut pada ruangan yang memiliki ventilasi yang cukup besar. Akibat paparan benzena jangka pendek hingga paparan benzena dengan konsentrasi yang tinggi, CDC menyarankan untuk dapat berada sejauh mungkin dari sumber paparan, memindahkan pakaian yang masih terdapat benzena di dalamnya, mencuci area yang terpajan benzena dengan sabun dan air, dan mendapatkan pengobatan lebih cepat apabila terpajan benzena. Apabila telah terpajan benzena pada jangka waktu yang lama maka dapat dilakukan pemeriksaan metabolit benzena dalam darah atau pernapasan. Ketika mata seperti terbakar atau penglihatan tidak jelas setelah paparan benzena, maka hal pertama yang harus dilakukan adalah membasuh mata dengan air bersih sela 10 sampai 15 menit. Namun apabila lensa kontak yang terpajan benzena, cuci tangan sebelum mengambil lensa kontak tersebut dan jangan gunakan lensa kontak itu lagi. Selain itu apabila kacamata yang terkena benzena maka cuci kacamata itu dengan sabun dan air dan kacamata itu dapat digunakan lagi.

Cara pencegahan lainnya menurut Siswanto (1994:99) yakni

- a. Ventilasi tempat kerja yang memadai dan bila mungkin pengendalian kadar uap benzena dilakukan dengan *down draft local exhaust ventilation*.
- b. Melakukan pemantauan lingkungan kerja secara rutin
- c. Pemberlakuan shift kerja atau rotasi
- d. Pemakaian alat pelindung diri (Pakaian pelindung dari karet, *chemical cartridge/canister respirators* atau *airline respirator*, *chemical splash goggles*, *rubber boots dan gloves*.

Menurut Siswanto (1994:99) cara penanganan keracunan akut benzena dapat dilakukan dengan:

- a. Cucilah mata dengan air bersih yang mengalir

- b. Cucilah bagian tubuh yang terkontaminasi dengan sabun dan air
- c. Bila tertelan, lakukan cuci lambung (*gastric lavage*) dan kemudian di lanjutkan dengan pemberian obat pencahar
- d. Pemberian pernafasan buatan dan oksigen bila diperlukan
- e. Pemberian obat-obatan untuk merangsang pernafasan
- f. Pengobatan simptomatik.

2.1.9 Pengukuran dan Monitoring Benzena di Lingkungan

Terdapat beberapa metode pengukuran benzena termasuk benzena yang terdapat di udara lingkungan maupun benzena yang masuk ke dalam tubuh. OSHA merekomendasikan pengukuran pajanan benzena di udara tempat kerja dengan menggunakan tabung sorbent arang teraktivasi, dilakukan desorpsi dengan karbon disulfide (CS_2), kemudian dianalisa dengan gas kromatografi menggunakan detektor ionisasi sinar, *Flame Ionization Detector* (FID). Sedangkan NIOSH (2016) merekomendasikan pengumpulan melalui kantung udara, kemudian analisis dengan kromatografi gas portable menggunakan detektor fotoionisasi. Untuk metode penentuan benzena di udara didapat dari metode NIOSH 1501.

Metode yang tersedia untuk penentuan benzena di udara, sedimen air, tanah, makanan, asap rokok, dan minyak bumi dan produk minyak bumi sebagian besar melibatkan pemisahan dengan *Gas Chromatography* (GC) yang dideteksi melalui *Flame Ionization* nyala (FID) atau *Photoionization* (PID) atau dengan *Mass Spectrometry* (MS). Pengukuran benzena di udara (ambien dan tempat kerja) biasanya melibatkan langkah prekonsentrasi dimana sampel dilewatkan melalui sebuah penyerap padat. Umumnya adsorben yang digunakan adalah resin TenaxR, silica gel, dan karbon aktif. Prekonsentrasi benzena juga bisa dilakukan dengan perangkat kriogenik langsung pada kolom.

Teknik GC/FID atau GC/PID memiliki batas deteksi yang rendah, dari konsentrasi rendah dalam satuan ppb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) sampai konsentrasi rendah dalam satuan ppt (Ng/m^3). Sedangkan metode GC/MS memiliki batas deteksi konsentrasi yang rendah dalam satuan ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Meskipun GC/FID dan GC/PID memberikan sensitivitas lebih besar dari GC/MS, namun teknik GC/MS umumnya dianggap

lebih handal untuk pengukuran benzena pada sampel yang mengandung beberapa komponen yang memiliki karakteristik yang serupa. *Atomic Line Molecular Spectrometry* (ALMS) telah dikembangkan untuk memantau benzena dan senyawa organik lainnya pada udara ambien. Batas deteksi adalah $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (250 ppb).

Benzena di tempat kerja dapat diukur dengan instrument portable yang dapat langsung dibaca. *Real-time Continuous Monitoring Systems* dan *Passive Dosimeters* memiliki kepekaan jangkauan dalam ppm (mg/m^3). Di Amerika Serikat, prosedur penggunaan *Charcoal* yang diikuti dengan analisis GC/MS adalah prosedur yang sensitif yang menjadi pilihan untuk pengukuran benzena di udara. Benzena dalam media air, tanah, endapan, dan makanan diisolasi melalui metode *Purge and Trap*, yang kemudian dianalisis dengan metode GC/MS, GC/FID atau GC/PID. Gas inert seperti nitrogen digunakan untuk membersihkan sampel, benzena terjebak pada zat pengabsorpsi seperti TenaxR atau arang aktif, kemudian diikuti oleh desorpsi termal. Sensitivitas dari metode ini dapat mendeteksi pada konsentrasi rendah dalam satuan mg/liter (IPCS EHC 150, 1993). Metode lain juga tersedia untuk mendeteksi benzena di media lingkungan lain seperti asap rokok, bensin, dan bahan bakar jet serta asapnya. Pemisahan dan pendeteksian dengan teknik HPLC/UV, GC/FID, dan GC/MS telah digunakan untuk analisis ini. Sensitivitas dan kehandalan metode ini tidak dapat dibandingkan karena kurangnya data (ATSDR, 2007:296).

2.1.10 Alat Pelindung Diri

Alat Pelindung Diri atau disingkat APD adalah suatu alat yang mempunyai kemampuan untuk melindungi seseorang yang fungsinya mengisolasi sebagian atau seluruh tubuh dari potensi bahaya di tempat kerja. APD yang harus ada di tempat kerja untuk melindungi pekerja adalah alat pelindung kepala, pelindung mata dan muka, pelindung telinga, pelindung pernapasan beserta kelengkapannya, pelindung tangan dan pelindung kaki (Permenakertrans No. 08, 2010). Menurut OSHA (2003) alat pelindung diri atau APD seperti sarung tangan, pelindung mata dan kaki, alat-alat pelindung pendengaran, topi keras, respirator, dan baju pelindung seluruh tubuh

digunakan untuk meminimalisasi berbagai macam pajanan bahaya di tempat kerja. Penggunaan APD dalam upaya pencegahan dan pengendalian penyakit dan cedera akibat kerja merupakan pilihan terakhir apabila pengendalian secara teknis (*engineering control*) dan administrasi (*administrative control*) telah dilakukan namun belum dapat maksimal atau memadai dalam meminimalisasi risiko. Pemakaian alat pelindung diri harus disesuaikan dengan lingkungan kerja agar memberikan perlindungan yang efektif dan tidak mengganggu pekerjaan. Menurut OSHA, pemilihan alat pelindung diri, semua pakaian APD dan peralatan harus aman, disain konstruksi, fashionable, serta harus dipelihara di tempat yang bersih.

Alat pelindung pernapasan berfungsi untuk memberikan perlindungan terhadap sumber-sumber bahaya di udara tempat kerja, seperti kekurangan oksigen, pencemaran oleh partikel, dan pencemaran oleh gas atau uap. Ada tiga jenis alat pelindung diri pernapasan, yaitu: 1) respirator yang bersifat memurnikan udara, 2) respirator yang dihubungkan dengan suplai udara bersih, dan 3) respirator pemasok oksigen. Sebelum memilih alat pelindung pernapasan yang sesuai, ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan (*Safety Sign Indonesia*, 2016):

- a. Sifat bahaya (partikulat, gas, uap, dan lain-lain)
- b. Cukup tanda-tanda adanya zat tercemar
- c. Kadar zat pencemar
- d. Kegawatan bahaya (akibat bila alat pernapasan tidak berfungsi)
- e. Lamanya (panjangnya waktu dalam lingkungan yang tercemar)
- f. Lokasi (sehubungan dengan sumber udara segar)
- g. Jalan (ke dan dari tempat yang tercemar)
- h. Aktivitas pemakai yang diperkirakan (kekuatan fisiknya)
- i. Mobilitas pemakai
- j. Kenyamanan

Untuk pajanan inhalasi benzena dengan konsentrasi kurang atau sama dengan 10 ppm, 50 ppm, dan 100 ppm tipe masker pelindung pernapasan yang digunakan berturut-turut adalah *half mask respirator with organic vapor cartridge*, *full faceplace with organic vapor cartridge*, dan *full faceplace powered with organic vapor cartridge* (Gunawan, dalam Zuliawan, 2010:22).

2.1.11 Biomarker

Biomarker didefinisikan sebagai penanda indikator suatu peristiwa dalam sistem biologi atau sampel. Biomarker telah diklasifikasikan sebagai penanda pajanan, penanda efek, dan tanda kerentanan. ATSDR (2007:209-211) menyebutkan bahwa, biomarker yang dapat dijadikan indikator pajanan benzena yaitu benzena dalam darah, benzena dalam urin, benzena dalam udara pernapasan, *phenol* dalam urin, *catechol* dalam urin, *hydroquinon* dalam urin, *1,2,4 trihydroxibenzena* dalam urin, *phenylmercapturic acid* dalam urin, dan asam *trans,trans-muconic* dalam urin.

Pengukuran fenol dalam urin telah digunakan untuk pemantauan paparan benzena dan tingkat fenol dalam urin tampaknya berkorelasi dengan tingkat paparan. Efek pajanan cenderung signifikan untuk asam *trans,trans-muconic* dalam urin dan kadar asam *phenylmercapturic* pada subjek di suatu tempat kerja yang terpajan pada tingkat paparan < 1 ppm. *American of Governmental Industrial Hygiens* telah menetapkan 25 µg *phenylmercapturic acid/g* kreatinin dalam urin dan 500 µg *trans,trans-muconic acid/g* kreatinin dalam urin sebagai Biological Exposure Indices (BEIs) untuk pajanan benzena di tempat kerja (ATSDR, 2007:210).

2.1.12 Benzena di Bengkel Sepeda Motor

Bengkel sepeda motor merupakan industri yang terbentuk untuk memenuhi kebutuhan masyarakat luas dalam hal jasa pemeliharaan, perbaikan, dan penyediaan suku cadang sepeda motor. Dari aktivitas yang terdapat di bengkel sepeda motor tentu saja banyak risiko bahaya yang bisa berdampak kepada pekerja di bengkel terutama para mekanik di bengkel, salah satunya yaitu terpapar gas benzena. Kadar benzena sangat mudah diterima oleh para mekanik di bengkel karena sifat dari benzena sendiri yang memiliki karakteristik mudah menguap. Terdapatnya kadar benzena yang diterima oleh pekerja bengkel dibuktikan oleh sebuah penelitian bahwa hampir 57,1 % pekerja mengalami keracunan benzena dilihat dari kadar

fenol dalam urine pekerja di 16 bengkel sepeda motor di Semarang (Yuniati (2016:41).

Kadar benzena di bengkel sepeda motor bersumber pada bensin, oli, dan berbagai minyak pelumas serta cairan pendingin. Bensin (BBM) yang memiliki kandungan hidrokarbon menjadi salah satu sumber kadar benzena yang cukup besar pada pekerja bengkel karena bensin merupakan bahan kendaraan sepeda motor yang paling sering digunakan di Indonesia serta juga penggunaannya dalam aktivitas bengkel seperti *tune up* dan pembongkaran mesin. Bensin yang beredar di pasaran Indonesia sudah memiliki spesifikasi bahan bakar berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jendral Migas No 933.K/10/DJM.S/2013 untuk jenis bahan bakar minyak jenis bensin yang memiliki angka oktan riset minimum 88 RON, tidak mengandung timbal (kandungan timbal maksimum 0,13 g/l) dan belum ada pembatasan kandungan senyawa aromatik, benzena, dan olefin dalam bensin.

Penambahan timbal dalam bensin sudah tidak diperbolehkan sehingga untuk mengganti peran dari timbal tersebut yang merupakan peningkat nilai oktan maka digunakanlah HOMC. HOMC merupakan bahan aditif pada bahan bakar bensin yang akan berubah menjadi benzena pada akhir proses pembakaran BBM kendaraan bermotor. Benzena yang dihasilkan dari proses tersebut akan mencemari udara dan berpotensi terhirup manusia.

Bengkel sepeda motor merupakan salah satu tempat yang menggunakan bensin (BBM) dalam aktivitasnya sehingga para pekerja bengkel terutama mekanik setiap harinya selalu berkontak dengan bensin. Benzena dalam bensin akan masuk dalam tubuh mekanik baik secara langsung maupun tidak langsung. Kadar benzena akan masuk secara langsung pada tubuh mekanik melalui kontak langsung dengan tangan mekanik sehingga benzena akan masuk melalui kulit. Kadar benzena yang masuk secara langsung dengan cara yang lain yakni terhirupnya benzena dari uap bensin atau gas buangan kendaraan bermotor (Marlina,2015). Kadar benzena secara tidak langsung masuk ke dalam tubuh pekerja yaitu melalui mulut yang berasal makanan dan minuman yang dibawa oleh mekanik dan kemudian tercemar oleh benzena sehingga benzena secara tidak langsung tertelan dan masuk ke dalam tubuh.

2.2 Kelelahan Kerja

Kata lelah (*fatigue*) menunjukkan keadaan tubuh fisik dan mental yang berbeda, semuanya berakibat kepada penurunan daya kerja dan berkurangnya ketahanan tubuh untuk bekerja. Kelelahan adalah suatu mekanisme perlindungan tubuh agar tubuh terhindar dari kerusakan lebih lanjut sehingga terjadi pemulihan setelah istirahat (Suma'mur, 2014:407).

Menurut Cameron (dalam Hariyati, 2011:12) kelelahan kerja merupakan kriteria yang kompleks yang tidak hanya menyangkut kelelahan fisiologis dan psikologis tetapi dominan hubungannya dengan penurunan kinerja fisik, adanya perasaan lelah, penurunan motivasi dan penurunan produktivitas kerja.

Kelelahan adalah reaksi fungsional pusat kesadaran yaitu otak yang dipengaruhi oleh dua sistem yaitu sistem penggerak atau aktivasi (bersifat simpatis) dan sistem penghambat atau inhibisi (bersifat parasimpatis). Istilah kelelahan menunjukkan kondisi yang berbeda-beda dari setiap individu, tetapi semuanya bermuara kepada kehilangan efisiensi dan penurunan kapasitas kerja serta ketahanan tubuh (Suma'mur, 2014:408).

2.2.1 Jenis-jenis Kelelahan Kerja

Wignjosoebroto (dalam Hariyati, 2011:12) menyebutkan bahwa kelelahan kerja dapat dibedakan berdasarkan:

- a. Waktu terjadinya kelelahan kerja yaitu :
 1. Kelelahan akut, terutama disebabkan oleh kerja suatu organ atau seluruh tubuh secara berlebihan.
 2. Kelelahan kronis yaitu kelelahan yang disebabkan oleh sejumlah faktor yang berlangsung secara terus-menerus dan terakumulasi. Gejala-gejala yang tampak jelas akibat lelah kronis ini dapat dicirikan seperti :
 - a) Meningkatnya emosi dan rasa jengkel sehingga orang menjadi kurang toleransi atau asosial terhadap orang lain.
 - b) Muncul sikap apatis terhadap orang lain.
 - c) Depresi berat, dan lain-lain.

b. Penyebab terjadinya kelelahan

1. Faktor fisiologis, adalah akumulasi dari substansi toksin (asam laktat) dalam darah penurunan waktu reaksi.
2. Faktor psikologis, adalah konflik yang mengakibatkan stress yang berkepanjangan, ditandai dengan menurunnya prestasi kerja, rasa lelah dan ada hubungannya dengan faktor psikososial (Suma'mur, 2014: 407)

c. Proses dalam otot yang terdiri dari :

1. Kelelahan otot

Kelelahan otot atau yang biasa disebut dengan *muscular fatigue* merupakan fenomena berkurangnya kinerja otot setelah terjadinya tekanan melalui fisik untuk suatu waktu disebut kelelahan otot secara fisiologi, dan gejala yang ditunjukkan tidak hanya berupa berkurangnya tekanan fisik, namun juga pada makin rendahnya gerakan. Pada akhirnya kelelahan fisik ini dapat menyebabkan sejumlah hal yang kurang menguntungkan seperti: melemahnya kemampuan tenaga kerja dalam melakukan pekerjaan dan meningkatnya kesalahan dalam melakukan kegiatan kerja, sehingga dapat mempengaruhi produktivitas kerja. Gejala kelelahan otot dapat terlihat pada gejala yang tampak dari luar atau external signs (Budiono, 2003:86).

Sampai saat ini masih berlaku dua teori tentang kelelahan otot yaitu teori kimia dan teori saraf pusat terjadinya kelelahan. Pada teori kimia secara umum menjelaskan bahwa terjadinya kelelahan adalah akibat berkurangnya cadangan energi dan meningkatnya sisa metabolisme sebagai penyebab hilangnya efisiensi otot. Sedangkan perubahan arus listrik pada otot dan saraf adalah penyebab sekunder. Sedangkan pada teori saraf pusat menjelaskan bahwa perubahan kimia hanya merupakan penunjang proses. Perubahan kimia yang terjadi mengakibatkan dihantarkannya rangsangan saraf melalui saraf sensoris ke otak yang disadari sebagai kelelahan otot. Rangsangan aferen ini menghambat pusat otak dalam mengendalikan gerakan sehingga frekuensi potensial kegiatan pada sel saraf menjadi berkurang. Berkurangnya frekuensi tersebut akan menurunkan kekuatan dan kecepatan kontraksi otot dan gerakan atas perintah kemauan menjadi lambat. Dengan demikian semakin lambat gerakan seseorang akan menunjukkan semakin

lelah kondisi otot seseorang (Tarwaka, 2014:105).

2. Kelelahan umum

Gejala utama kelelahan umum adalah suatu perasaan letih yang luar biasa dan terasa aneh. Semua aktivitas menjadi terganggu dan terhambat karena munculnya gejala kelelahan tersebut. Tidak adanya gairah untuk bekerja baik secara fisik maupun psikis, segala terasa berat dan merasa „ngantuk“. Timbulnya gejala kelelahan dapat diatasi dengan menyediakan waktu khusus untuk istirahat dan bersikap lebih santai.

Kelelahan umum ditunjukkan oleh hilangnya kemauan untuk bekerja yang penyebabnya adalah keadaan saraf sentral atau kondisi psikis-psikologis. Akar masalah kelelahan umum adalah monotonnya pekerjaan, intensitas dan lamanya kerja mental dan fisik yang tidak sejalan dengan kehendak tenaga kerja yang bersangkutan, keadaan lingkungan yang berbeda dari estimasi semula, tidak jelasnya tanggung jawab, kekhawatiran yang mendalam dan konflik batin serta kondisi sakit yang diderita oleh tenaga kerja (Suma'mur, 2014:407). Kelelahan umum dapat terlihat pada munculnya sejumlah keluhan yang berupa perasaan lamban dan keengganan untuk melakukan aktivitas (Budiono, 2003:86).

2.2.2 Gejala Kelelahan

Kelelahan yang dirasakan seseorang sulit untuk diidentifikasi secara jelas. Pelaksanaan kerja dapat mengevaluasi tingkat kelelahan. Kelelahan dapat dilihat melalui indikasi berikut ini:

- a. Perhatian tenaga kerja terhadap sesuatu dalam kerja menurun.
- b. Perasaan berat di kepala, menjadi lelah seluruh badan, menguap dan pikiran merasa kacau.
- c. Kaki terasa berat, mata terasa berat, kaku dan canggung dalam gerakan, tidak seimbang serta dalam berdiri terasa berbaring.
- d. Merasa susah berpikir, menjadi gugup, tidak dapat berkonsentrasi, dan tidak dapat mempunyai perhatian terhadap sesuatu.
- e. Cenderung lupa, kurang kepercayaan, cemas terhadap sesuatu, tidak dapat mengontrol sikap, dan tidak tekun dalam pekerjaan.

- f. Sakit kekakuan bahu, nyeri di pinggang, pernapasan terasa tertekan, suara serak, haus, dan terasa pening.
- g. Spasme kelopak mata, tremor pada anggota badan, dan merasa badan kurang sehat (Suma'mur, 2014:152).

Kelelahan yang disebabkan oleh sejumlah faktor yang berlangsung secara terus-menerus dan terakumulasi, akan mengakibatkan apa yang disebut dengan lelah kronis. Gejala yang tampak jelas akibat lelah kronis dapat ditandai seperti meningkatnya emosi dan rasa jengkel sehingga orang menjadi kurang toleran atau asosial terhadap orang lain, munculnya sikap apatis terhadap pekerjaan, dan depresi yang berat (Suma'mur, 2014:151).

Kelelahan kerja pada umumnya dikeluhkan sebagai kelelahan dalam sikap, orientasi, dan penyesuaian pekerja yang mengalami kelelahan kerja. Glimer dan Cameron, menyebutkan bahwa gejala kelelahan kerja, yaitu:

- a. Penurunan kesiagaan dan perhatian, penurunan dan hambatan persepsi, berpikir atau perbuatan antisosial, tidak cocok dengan lingkungan, depresi, kurang tenaga, dan kehilangan inisiatif.
- b. Gejala umum adalah sakit kepala, vertigo, gangguan fungsi paru dan jantung, kehilangan nafsu makan serta gangguan pencernaan (Setyawati, 2011:27).

2.2.3 Faktor Penyebab Kelelahan

Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap kesehatan kerja adalah yang berhubungan dengan ergonomis atau sikap kerja seperti pekerjaan yang berulang-ulang dan posisi yang tidak ergonomis. Selain itu jam kerja yang tidak sesuai, penerangan yang tidak memadai juga akan mengakibatkan perasaan lelah. (Suma'mur, 2014 : 410) Terjadinya kelelahan tidak begitu saja, akan tetapi ada faktor-faktor yang mempengaruhinya. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kelelahan antara lain adalah :

a. Faktor internal

1. Umur

Proses seseorang menjadi semakin tua akan disertai dengan kurangnya kemampuan kerja oleh karena perubahan pada alat tubuh, sistem kardiovaskuler, dan hormonal (Suma'mur, 2014:125). Umur seseorang berhubungan dengan kapasitas fisik dimana kekuatannya terus bertambah sampai batas tertentu dan mencapai puncaknya pada umur 25 tahun. Pada umur 50-60 tahun kekuatan otot menurun sebesar 25%, kemampuan sensoris-motoris menurun sebanyak 60%. Selanjutnya kemampuan kerja fisik seseorang yang berumur >60 tahun tinggal mencapai 50% dari umur orang yang berumur 25 tahun. Bertambahnya umur setelah seseorang mencapai puncak kekuatan fisik (25 tahun) akan diikuti penurunan VO₂ max, tajam penglihatan, pendengaran, kecepatan membedakan sesuatu, membuat keputusan, dan kemampuan mengingat jangka pendek. Pemberian pekerjaan kepada seseorang harus selalu mempertimbangkan pengaruh umur (Tarwaka, 2014:17).

2. Status Gizi

Status gizi merupakan ekspresi dari keadaan keseimbangan dalam bentuk variabel tertentu, atau perwujudan dari *nutriture* dalam bentuk variabel tertentu misalnya kelelahan merupakan keadaan tidak seimbang nya pemasukan dan pengeluaran zat gizi sumber energi dalam tubuh (Supariasa *et al.*, 2012:18). Secara fisiologis tubuh manusia dapat diumpamakan sebagai suatu mesin yang dalam menjalankan pekerjaannya membutuhkan bahan bakar sebagai sumber energi. Dalam melangsungkan tugas fisik tubuh dipengaruhi oleh beberapa sistem yang bekerja sendiri atau bersama. Sistem tersebut adalah sistem peredaran darah, sistem pencernaan, sistem otot, sistem saraf, dan sistem pernafasan (Setyawati, 2011:24). Tubuh memerlukan zat dari makanan untuk pemeliharaan tubuh, perbaikan, kerusakan dari sel dan jaringan untuk pertumbuhan yang banyak sedikitnya keperluan ini sangat tergantung pada usia, jenis kelamin, lingkungan dan beban kerja seseorang (Suma'mur,2014:420).

Karbohidrat, lemak, protein, vitamin, mineral, dan air adalah zat gizi yang sangat dibutuhkan manusia dalam melangsungkan hidupnya. Zat gizi tersebut

menghasilkan energi yang diperlukan untuk memelihara pertumbuhan, untuk bekerjanya organ tubuh secara otomatis untuk memberi tenaga kepada organ supaya dapat melangsungkan pekerjaan di luar tubuh. Status gizi seseorang dapat diketahui melalui nilai IMT (Indeks Massa Tubuh). IMT merupakan alat sederhana untuk memantau status gizi orang dewasa khususnya yang berkaitan dengan kekurangan dan kelebihan berat badan. IMT dihitung dengan rumus berat badan dalam kilogram dibagi dengan kuadrat tinggi badan dalam meter kuadrat (Supriasa *et al.*, 2012 : 61).

$$\text{IMT} = \frac{\text{Berat Badan (kg)}}{\text{Tinggi Badan}^2(\text{m})}$$

Status gizi berlebih akan mempengaruhi oksigenasi ke jaringan tubuh, termasuk jaringan otak. Disebabkan karena banyaknya lemak yang berada di *peritonium* akan mempengaruhi gerakan diafragma yang selanjutnya akan mempengaruhi sistem pernapasan, khususnya kemampuan atau kapasitas paru untuk memasukkan udara kedalam paru secara maksimal yang selanjutnya akan mempengaruhi VOMax (kemampuan penggunaan oksigen oleh tubuh). Sementara status gizi yang kurang akan mengakibatkan gangguan produktivitas kerja dikarenakan kekurangan zat-zat gizi tertentu seperti karbohidrat, lemak, protein atau mineral yang mengakibatkan terganggunya fungsi sistem tubuh sehingga mudah terjadi kelelahan (Budiono, 2003:154).

Tabel 2.5 Kategori Ambang Batas IMT untuk Indonesia

| Kriteria | Kategori | IMT |
|--------------------|--------------------------------------|-------------|
| <i>Underweight</i> | Kekurangan berat badan | < 18,5 |
| Normal | | 18,5 – 24,9 |
| <i>Overweight</i> | Kelebihan berat badan tingkat ringan | 25 – 29,9 |
| <i>Obese</i> | Kelebihan berat badan tingkat berat | > 30 |

Sumber : *Center of Disesease Control and Prevention*, 2015

3. Riwayat Penyakit

Penyakit dapat mengakibatkan terjadinya hipotensi atau hipertensi suatu organ yang berakibat merangsangnya mukosa suatu jaringan sehingga merangsang syaraf-syaraf tertentu. Dengan perangsangan yang terjadi akan menyebabkan pusat syaraf otak akan terganggu atau terpengaruh yang dapat menurunkan kondisi fisik seseorang. Beberapa penyakit dapat mempengaruhi kelelahan, antara lain :

a) Penyakit Jantung

Ketika bekerja, jantung dirangsang sehingga kecepatan denyut jantung dan kekuatan pemompaannya menjadi meningkat. Jika ada beban ekstra yang dialami jantung misalnya membawa beban berat, dapat mengakibatkan meningkatnya keperluan oksigen ke otot jantung. Kekurangan suplai oksigen ke otot jantung menyebabkan dada sakit. Kekurangan oksigen jika terus menerus, maka terjadi akumulasi yang selanjutnya terjadi metabolisme anaerobik dimana akan menghasilkan asam laktat yang mempercepat kelelahan (Ganoong, 2008:666).

b) Tekanan Darah Tinggi

Tekanan darah tinggi menyebabkan kerja jantung menjadi lebih kuat sehingga jantung membesar dan tidak lagi mampu memompa darah untuk diedarkan ke seluruh tubuh sehingga terjadi sesak nafas akibat pertukaran oksigen terhambat. Pada penderita hipertensi aliran darah pada otot (ketika berkontraksi) sangat terbatas, otot menekan pembuluh darah sehingga oksigen yang dibawa berkurang sehingga terbentuklah asam laktat. Asam laktat merupakan indikasi adanya kelelahan (Nurmianto, 2008:16).

c) Gangguan Ginjal

Pada penderita gangguan ginjal, sistem pengeluaran sisa metabolisme akan terganggu sehingga tertimbun dalam darah (uremi). Pada penderita gangguan ginjal, pengeluaran asupan makanan dan cairan atau elektrolit ataupun keringat sulit untuk dikendalikan, sehingga meningkatkan tekanan darah dan denyut jantung sehingga kelelahan akan mudah terjadi (Guyton, 1997:520-522)

d) Diabetes melitus

Penyakit diabetes menyebabkan kadar glukosa yang tinggi dalam darah dikarenakan jumlah insulin yang tidak memadai. Insulin yang tidak memadai menyebabkan pengangkutan glukosa ke dalam sel menjadi terhambat. Sel-sel dalam tubuh membutuhkan glukosa untuk melakukan aktivitasnya sehingga apabila transportasi glukosa ke dalam sel-sel tubuh terganggu maka sel-sel tubuh tidak cukup memiliki banyak energi yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitasnya dan timbul kelelahan (Ganong, 2008:354-355)

4. Keadaan Psikologi

Faktor psikologis juga dapat mempengaruhi timbulnya kelelahan. Seringkali pekerja tidak mengerjakan apapun tetapi mereka merasa lelah. Hal tersebut disebabkan karena adanya konflik mental yang didasarkan atas pekerjaannya sendiri, mungkin kepada teman kerja atau atasannya, kejadian di rumah tangga atau dalam pergaulan hidupnya di masyarakat (Suma'mur, 2014:449). Tenaga kerja yang mempunyai masalah psikologis dan kesulitan lainnya sangat mudah untuk mengidap suatu bentuk kelelahan kronis dan sangatlah sulit melepaskan keterkaitannya dengan masalah kejiwaan. Kenyataannya, dalam kasus kelelahan kronis sebab dan akibatnya sangat sulit dibedakan. Hal ini mungkin disebabkan oleh ketidakcocokan tenaga kerja terhadap pekerjaannya, terlalu mendesaknya pekerjaan atau suasana tempat kerja yang tidak nyaman, atau sebaliknya tenaga kerja tersebut tidak mampu menyesuaikan diri terhadap pekerjaan maupun terhadap suasana sekitarnya (Budiono, 2003:89).

5. Jenis Kelamin

Secara fisik, wanita mempunyai ukuran tubuh dan kekuatan relatif kurang dibanding laki-laki. Secara biologis, wanita mengalami haid, kehamilan, melahirkan dan menopause. Kecenderungan seperti itu wanita mudah mengalami kelelahan (Suma'mur, 1996:544). Faktor perilaku nampak pada kenyataan bahwa laki-laki lebih sering mendapat cedera atau kecelakaan. Hal ini dikarenakan laki-laki dan kegiatannya atau pekerjaannya lebih mengandung bahaya (Rustiana, 2005:107).

6. Masa Kerja

Masa kerja adalah suatu kurun waktu atau lamanya tenaga kerja bekerja di suatu tempat. Masa kerja dapat mempengaruhi baik kinerja positif maupun negatif, akan memberi pengaruh positif pada kinerja personal karena dengan bertambahnya masa kerja maka pengalaman dalam melaksanakan tugasnya semakin bertambah. Sebaliknya akan memberi pengaruh negatif apabila semakin bertambahnya masa kerja maka akan muncul kebiasaan pada tenaga kerja (Suma'mur, 2014:45).

7. Lama Kerja

Lamanya seseorang bekerja dengan baik dalam sehari pada umumnya 6-10 jam. Sisanya dipergunakan untuk kehidupan dalam keluarga dan masyarakat, istirahat, tidur, dan lain-lain. Memperpanjang waktu kerja lebih dari kemampuan lama kerja tersebut biasanya tidak disertai efisiensi, efektivitas dan produktivitas kerja yang optimal, bahkan biasanya terlihat penurunan kualitas dan hasil kerja serta bekerja dengan waktu yang berkepanjangan timbul kecenderungan untuk terjadinya kelelahan, gangguan kesehatan, penyakit dan kecelakaan serta ketidakpuasan. Dalam seminggu seseorang biasanya dapat bekerja dengan baik selama 40-50 jam. Lebih dari itu, kemungkinan besar untuk timbulnya hal yang negatif bagi tenaga kerja yang bersangkutan dan pekerjaannya itu sendiri. Semakin panjang waktu kerja dalam seminggu, semakin besar kecenderungan terjadinya hal yang tidak diinginkan. Jumlah 40 jam (jam kerja) dalam seminggu dapat dibuat lima atau empat hari kerja tergantung kepada berbagai faktor, namun fakta menunjukkan bekerja lima hari atau 40 jam kerja seminggu adalah peraturan yang berlaku dan semakin diterapkan dimanapun (Suma'mur, 2014:411).

8. Total Waktu Tidur

Manusia rata-rata membutuhkan tidur selama 8 jam untuk setiap siklus 24 jam. Tidur sebelum kerja adalah faktor utama yang mempengaruhi kondisi terjaga dan tingkat kewaspadaan seseorang. Kurang tidur kronis adalah hasil dari tidak dicukupinya waktu tidur dalam jangka waktu yang lama. Jika terlalu sedikit waktu tidur dalam periode 24 jam, disebut sebagai kurang tidur akut parsial. Kurang tidur akut lengkap jika dalam periode 24 jam sama sekali tidak tidur (Russeng, 2009:36).

b. Faktor Eksternal

1. Kebisingan

Kebisingan mengganggu perhatian sebagian tenaga kerja. Ada tenaga kerja yang sangat peka terhadap kebisingan terutama pada nada tinggi, salah satu sebabnya adalah reaksi psikologis. Kebisingan juga berakibat meningkatnya kelelahan (Suma'mur, 2014:173). Di Indonesia, Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan adalah 85 dB yang secara terus-menerus dinilai oleh panitia teknik nasional NAB. Meski intensitas kebisingan masih di bawah ambang yang dapat

merusak pendengaran, kebisingan tersebut tetap dapat menyebabkan bahaya lain dengan mengganggu atau menutupi tanda peringatan dan mengganggu komunikasi serta menyebabkan kelelahan operator. Keharusan untuk memakai alat pelindung telinga bila intensitas kebisingan melampaui NAB justru akan mengakibatkan munculnya dampak lain, khususnya dalam menerima informasi penting (Tarwaka, 2014:438).

2. Getaran

Getaran-getaran yang ditimbulkan oleh alat-alat mekanis yang sebagian dari getaran ini sampai ke tubuh dan dapat menimbulkan akibat-akibat yang tidak diinginkan pada tubuh kita. Menambahnya tonus otot-otot oleh karena getaran di bawah frekuensi 20 Hertz (Hz) menjadi sebab kelelahan. Sebaliknya frekuensi di atas 20 Hz menyebabkan pengenduran otot. Getaran mekanis terdiri dari campuran aneka frekuensi bersifat menegangkan dan melemaskan tonus otot secara serta berefek melelahkan (Suma'mur, 2014:193).

3. Iklim Kerja

a) Suhu

Iklim kerja merupakan keadaan udara ditempat kerja yang merupakan kombinasi dari suhu udara, kelembaban, kecepatan gerakan udara, dan panas radiasi (Suma'mur, 2014:201). Persyaratan kesehatan untuk ruang kerja industri yang nyaman di tempat kerja adalah suhu yang tidak dingin dan tidak menimbulkan kepanasan bagi pekerja yaitu berkisar antara 18⁰C sampai 30⁰C (KepMenkes RI Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002).

b) Kelembaban

Kelembaban udara tergantung berapa banyak uap air (dalam %) yang terkandung di udara. Saat udara dipenuhi uap air dapat dikatakan bahwa udara berada dalam kondisi jenuh dalam arti kelembaban tinggi dan segala sesuatu menjadi basah. Kelembaban lingkungan kerja yang tidak memberikan pengaruh kepada kesehatan pekerja berkisar 65%-95%. Nilai ambang batas kelembaban yang berlaku untuk lingkungan kerja industri sesuai dengan KepMenkes RI Nomor 1405/Menkes/SK/XI/2002 adalah berkisar antaran 40%-60%.

4. Beban Kerja

Setiap pekerjaan memiliki beban bagi para pekerja baik itu beban secara fisik, mental atau sosial. Seseorang memiliki kemampuan tersendiri dalam hal kapasitas menanggung beban kerjanya. Namun terdapat kesamaan yang berlaku secara umum bahwa setiap orang memiliki keterbatasannya untuk memikul beban kerja sampai suatu tingkat tertentu. Jika terjadi pembebanan kerja yang berlebihan maka akan menyebabkan ketidakseimbangan antara daya yang dimiliki manusia dan juga beban kerja yang didapat. Hal ini dapat mengakibatkan timbulnya kelelahan, menurunnya derajat kesehatan, atau terjadinya penyakit, cacat, dan kematian (Suma'mur, 2014:126).

5. Sikap kerja

Sikap tubuh dalam bekerja adalah sikap yang ergonomi sehingga dicapai efisiensi kerja dan produktivitas yang optimal dengan memberikan rasa nyaman dalam bekerja. Apabila sikap tubuh salah dalam melakukan pekerjaan maka akan mempengaruhi kelelahan kerja (Suma'mur, 2014:410).

2.2.4 Proses Kelelahan Kerja

Konsep kelelahan merupakan hasil penelitian terhadap manusia. Konsep tersebut menyatakan bahwa keadaan dan perasaan lelah adalah reaksi fungsional pusat kesadaran yaitu otak (*cortex cerebri*), yang dipengaruhi oleh dua sistem penggerak (aktivasi). Sistem penghambat bekerja terhadap *thalamus* yang mampu menurunkan kemampuan manusia bereaksi dan menyebabkan kecenderungan untuk tidur. Adapun sistem penggerak terdapat dalam formasio retikularis (*formatio reticularis*) yang dapat merangsang pusat vegetatif untuk konversi ergotropis dari organ dalam tubuh ke arah kegiatan bekerja. Maka berdasarkan konsep tersebut, keadaan seseorang pada suatu saat sangat tergantung kepada hasil kerja antara dua sistem antagonis yang dimaksud.

Apabila sistem penghambat berada pada posisi lebih kuat daripada sistem penggerak, berarti seseorang berada dalam kondisi lelah. Sebaliknya, jika sistem penggerak lebih kuat dari sistem penghambat, maka seseorang berada dalam keadaan bugar untuk aktif dalam kegiatan termasuk bekerja. Konsep ini dapat

dipakai untuk menerangkan peristiwa yang sebelumnya tidak dapat dijelaskan. Misalnya pada peristiwa dimana seseorang yang lelah kemudian secara tiba-tiba kelelahannya hilang karena terjadi suatu peristiwa yang tidak diduga atau terjadi tegangan emosi. Dalam hal itu, sistem penggerak tiba-tiba terangsang dan dapat menghilangkan pengaruh dari sistem penghambat. Demikian pula pada peristiwa monoton, kelelahan terjadi karena kuatnya hambatan dari sistem penghambat, walaupun sebenarnya beban kerja tidak terlalu berat (Suma'mur, 2014:409).

2.2.5 Akibat Kelelahan Kerja

Ada 30 gejala kelelahan yang terbagi dalam tiga kategori, yaitu sebagai berikut :

a. Menunjukkan terjadinya pelemahan kegiatan

Perasaan berat di kepala, lelah seluruh badan, kaki merasa berat, sering menguap, merasa kacau pikiran, menjadi mengantuk, merasakan beban pada mata, kaku dan canggung dalam gerakan, tidak seimbang dalam berdiri, mau berbaring.

b. Menunjukkan terjadinya pelemahan motivasi

Merasa susah berpikir, lelah berbicara, menjadi gugup, tidak berkonsentrasi, tidak dapat mempunyai perhatian terhadap sesuatu, cenderung untuk lupa, kurang kepercayaan, cemas terhadap sesuatu, tidak dapat mengontrol sikap, tidak dapat tekun dalam pekerjaan.

c. Menunjukkan gambaran kelelahan fisik akibat keadaan umum

Sakit kepala, kekakuan di bahu, merasa nyeri di punggung, terasa pernafasan tertekan, haus, suara serak, terasa pening, spasme dari kelopak mata, tremor pada anggota badan, merasa kurang sehat (Suma'mur, 2014:410). Kelelahan yang terus menerus terjadi setiap hari akan berakibat terjadinya kelelahan kronis. Perasaan lelah tidak saja terjadi sesudah bekerja pada sore hari, tetapi juga selama bekerja, bahkan sebelum bekerja. Perasaan lesu tampak sebagai suatu gejala. Gejala psikis ditandai dengan perbuatan anti sosial dan perasaan tidak cocok dengan sekitar, sering depresi, kurangnya tenaga serta kehilangan inisiatif. Gejala psikis ini sering disertai kelainan psikologis seperti sakit kepala, vertigo, gangguan pencernaan, tidak dapat tidur dan sebagainya. Kelelahan kronis demikian disebut

kelelahan klinis. Hal ini menyebabkan tingkat *absentisme* akan meningkat terutama mangkir kerja pada waktu jangka pendek disebabkan kebutuhan istirahat lebih banyak atau meningkatnya angka sakit. Kelelahan klinis terutama terjadi pada mereka yang mengalami konflik mental atau kesulitan psikologis. Selain itu sikap negatif terhadap kerja, dan perasaan terhadap atasan atau lingkungan kerja memungkinkan faktor penting dalam sebab ataupun akibat (Suma'mur, 2014:410).

2.2.6 Pengukuran Kelelahan Kerja

Banyak parameter yang digunakan untuk mengukur kelelahan kerja antara lain : Waktu Reaksi (reaksi sederhana atas rangsangan tunggal atau reaksi kompleks), Konsentrasi (Pemeriksaan *Bourdon Wiersma* dan uji KLT), Uji fusi kelipan (*Flicker fusion test*), dan Elektro-ensefalogram (EEG). (Suma'mur, 2014:406). Sedangkan menurut Tarwaka (2014:368), mengelompokkan metode pengukuran kelelahan berbagai cara yaitu:

a. Kualitas dan kuantitas hasil kerja

Pada metode kualitas dan kuantitas ini, kualitas *output* digambarkan sebagai jumlah proses kerja (waktu yang digunakan setiap item) atau proses operasi yang dilakukan setiap unit waktu. Namun demikian banyak faktor yang harus dipertimbangkan seperti: target produksi, faktor sosial, dan perilaku psikologis dalam kerja. Sedangkan kualitas *output* (kerusakan produk, penolakan produk) atau frekuensi kecelakaan dapat menggambarkan terjadinya kelelahan, tetapi faktor tersebut bukanlah merupakan *causal factor*. Kuantitas kerja dapat dilihat pada prestasi kerja yang dinyatakan dalam banyaknya produksi persatuan waktu. Sedangkan kualitas kerja didapat dengan menilai kualitas pekerjaan seperti jumlah yang ditolak, kesalahan, kerusakan material, dan sebagainya.

b. Perasaan kelelahan secara subjektif (Subjective feelings of fatigue)

Subjective Self Rating Tes dari *Industrial Fatigue Research Committee* (IFRC) Jepang, merupakan kuesioner untuk mengukur tingkat kelelahan subjektif. Kuesioner tersebut berisi 30 daftar pertanyaan yang terdiri dari 10 pertanyaan tentang pelemahan kegiatan, meliputi: perasaan berat di kepala, lelah di seluruh badan, berat di kaki, menguap, pikiran kacau, mengantuk, ada beban pada mata,

gerakan canggung dan kaku, berdiri tidak stabil, ingin berbaring. Kemudian 10 pertanyaan tentang pelemahan motivasi: susah berfikir, lelah untuk bicara, gugup, tidak berkonsentrasi, sulit untuk memusatkan perhatian, mudah lupa, kepercayaan diri berkurang, merasa cemas, sulit mengontrol sikap, tidak tekun dalam pekerjaan. Dan 10 pertanyaan tentang gambaran kelelahan fisik: sakit di kepala, kaku di bahu, nyeri di punggung, sesak nafas, haus, suara serak, merasa pening, spasme di kelopak mata, tremor pada anggota badan, merasa kurang sehat.

c. Alat Ukur perasaan kelelahan kerja (KAUPK2)

KAUPK2 (Kuesioner Alat Ukur Perasaan Kelelahan Kerja) merupakan parameter untuk mengukur perasaan kelelahan kerja sebagai gejala subjektif yang dialami pekerja dengan perasaan yang tidak menyenangkan. Keluhan yang dialami pekerja setiap harinya membuat mereka mengalami kelelahan kronis.

d. Pengukuran gelombang listrik pada otak

Pengukuran gelombang listrik pada otak dilakukan dengan menggunakan alat bantu berupa *Electroencephalography* (EEG).

e. Uji psiko-motor (psychomotor test)

Pada metode ini melibatkan fungsi persepsi, interpretasi dan reaksi motor. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan pengukuran waktu reaksi. Waktu reaksi adalah jangka waktu dari pemberian suatu rangsang sampai kepada suatu saat kesadaran atau dilaksanakan kegiatan. Dalam uji waktu reaksi dapat digunakan nyala lampu, denting suara, sentuhan kulit atau goyangan badan. Terjadinya pemanjangan waktu reaksi merupakan petunjuk adanya pelambatan pada proses faal saraf dan otot.

2.2.7 Cara Mengatasi Kelelahan Kerja

Kelelahan diatur secara sentral oleh otak. Pada susunan saraf pusat, terdapat sistem aktivasi dan inhibisi. Kedua sistem ini saling mengimbangi tetapi terkadang salah satu dari padanya lebih dominan sesuai dengan keperluan. Sistem aktivasi bersifat simpatis, sedangkan inhibisi adalah parasimpatis. Agar tenaga kerja berada dalam keserasian dan keseimbangan, kedua sistem tersebut harus berada pada kondisi yang memberikan stabilitasi kepada tubuh (Suma'mur, 2014 ; 410)

Untuk menghindari rasa lelah diperlukan adanya keseimbangan antara masukan sumber datangnya kelelahan tersebut (faktor penyebab kelelahan) dengan jumlah keluaran yang diperoleh lewat proses pemulihan (recovery). Proses pemulihan dapat dilakukan dengan cara memberikan waktu istirahat yang cukup. Atau dengan cara memperpendek jam kerja harian yang nantinya akan menghasilkan kenaikan *output* per jam, sebaliknya dengan memperpanjang jam kerja harian akan memperlambat kecepatan (tempo) kerja yang akhirnya berakibat pada penurunan prestasi kerja per jamnya.

Kelelahan dapat dikurangi dengan berbagai cara yang ditujukan kepada keadaan umum dan lingkungan fisik di tempat kerja. Misalnya, banyak hal yang dapat dicapai dengan jam kerja, pemberian kesempatan istirahat yang tepat, kamar istirahat, masa libur, rekreasi, dan sebagainya (Muizzudin, 2013:29).

2.3 Proses Perawatan Mesin (*Tune Up Mesin*)

Tune up mesin, merupakan servis ringan sepeda motor yang bertujuan untuk mendapatkan performa mesin motor yang maksimal dan menjaga agar mesin tetap dalam kondisi baik dan prima. Kegiatan *tune up* mesin memiliki rangkaian kegiatan yang terdiri dari

- 1) Bagian Mesin
 - a) Memeriksa dan mengganti oli pelumas mesin
 - b) Membersihkan saringan udara
 - c) Membersihkan saringan bahan bakar
 - d) Memeriksa dan menyetel busi
 - e) Membersihkan karburator
 - f) Menyetel katup
 - g) Menyetel campuran bahan bakar atau putaran mesin
 - h) Menyetel kebebasan kopling

- 2) Bagian Kelistrikan
 - a) Memeriksa dan merawat baterai
 - b) Memeriksa fungsi kelistrikan (bel, lampu tanda belok, lampu kepala, lampu rem, lampu indikator)
- 3) Bagian Chasis
 - a) Memeriksa dan menyetel gerak bebas rem
 - b) Memeriksa, merawat dan menyetel gerak bebas rantai roda
 - c) Memeriksa kekocakan poros kemudi
 - d) Memeriksa kondisi ban dan menyetel tekanan angin (Astra Honda Motor, 2016)

2.4 Benzena dan Kelelahan Kerja pada Mekanik Bengkel Sepeda Motor

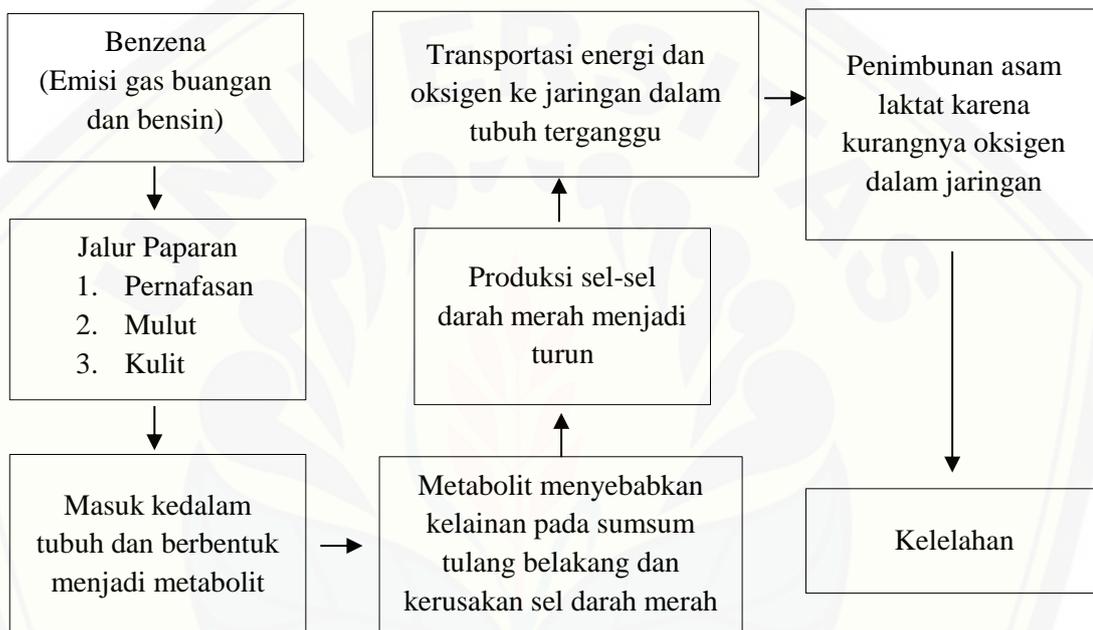
Sumber kadar benzena lingkungan kerja mekanik bengkel sepeda motor dapat berasal dari beberapa faktor baik faktor eksternal maupun internal. Faktor internal yang dapat mempengaruhi terakumulasinya kadar benzena didalam tubuh mekanik bengkel sepeda motor antara lain umur, jenis kelamin, konsumsi makanan dan minuman, masa kerja, lama kerja, kebiasaan merokok, status gizi, penggunaan APD, kebiasaan mencuci tangan dan riwayat penyakit. Sedangkan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi terakumulasinya kadar benzena di dalam tubuh bisa berasal dari beberapa sumber yaitu sumber industri dan sumber alam. Sumber industri seperti industri perminyakan dan banyak industri yang menggunakan benzena sebagai campuran dalam pembuatan produk kimia lain seperti cumene (sejenis resin), cyclhohexane (untuk nylon dan fiber sintesis) dan styrene (sejenis plastik). Selain itu, benzena banyak digunakan di industri manufaktur, contohnya pelumas, bahan cat dan pewarna, industri karet, industri obat, industri sabun dan pestisida. Kontribusi emisi yang dihasilkan dari kegiatan industri sekitar 20% dari seluh total benzena yang ada di udara bebas (Pudyoko, 2010:16). Sumber alam seperti asap kebakaran hutan, proses gunung merapi, minyak mentah, asap rokok serta bensin. Faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya kelelahan kerja pada mekanik bengkel sepeda motor antara lain umur, status gizi, masa kerja, riwayat

penyakit, keadaan psikologi, jenis kelamin, total waktu tidur, lingkungan kerja fisik seperti kebisingan, getaran, iklim kerja, beban kerja fisik dan sikap kerja.

Paparan benzena di bengkel sepeda motor berasal dari emisi gas buangan sepeda motor dan uap bensin yang merupakan bahan bakar sepeda motor. Ketika hendak melakukan pengujian sepeda motor, sering kali para mekanik menyalakan gas tinggi untuk mengetahui performa sepeda motor sehingga dari aktivitas tersebut keluarlah emisi gas buangan yang mengandung benzena dan mencemari udara di bengkel sepeda motor. Bensin juga sering digunakan oleh para mekanik untuk membersihkan bagian bagian mesin di dalam sepeda motor sehingga dari pemakaian tersebut maka terhirupnya uap bensin oleh para mekanik tidak bisa terhindari karena karakteristik dari bensin tersebut yang mudah menguap. Peningkatan jumlah sepeda motor yang diperbaiki akan mempengaruhi tingkat kadar benzena lingkungan kerja di bengkel sepeda motor. Semakin banyak sepeda motor yang diperbaiki maka semakin tinggi juga kadar benzena lingkungan kerja dalam bengkel tersebut. Peningkatan kadar benzena lingkungan kerja mengakibatkan benzena masuk kedalam tubuh mekanik melalui saluran pernafasan kemudian terakumulasi dalam tubuh mekanik. Semakin para mekanik sering menghirup benzena yang terdapat di dalam udara yang sudah tercemar benzena tersebut maka semakin banyak benzena yang terakumulasi dalam tubuh mekanik. Selain itu paparan benzena dapat masuk ke dalam tubuh melalui kulit saat kontak langsung dengan bahan bakar bensin serta melalui mulut ketika mengkonsumsi makanan dan minuman yang tercemar oleh benzena, hal ini karena beberapa mekanik membawa bekal sendiri ke bengkel sehingga memungkinkan makanan dan minuman yang dibawa tercemar oleh benzena.

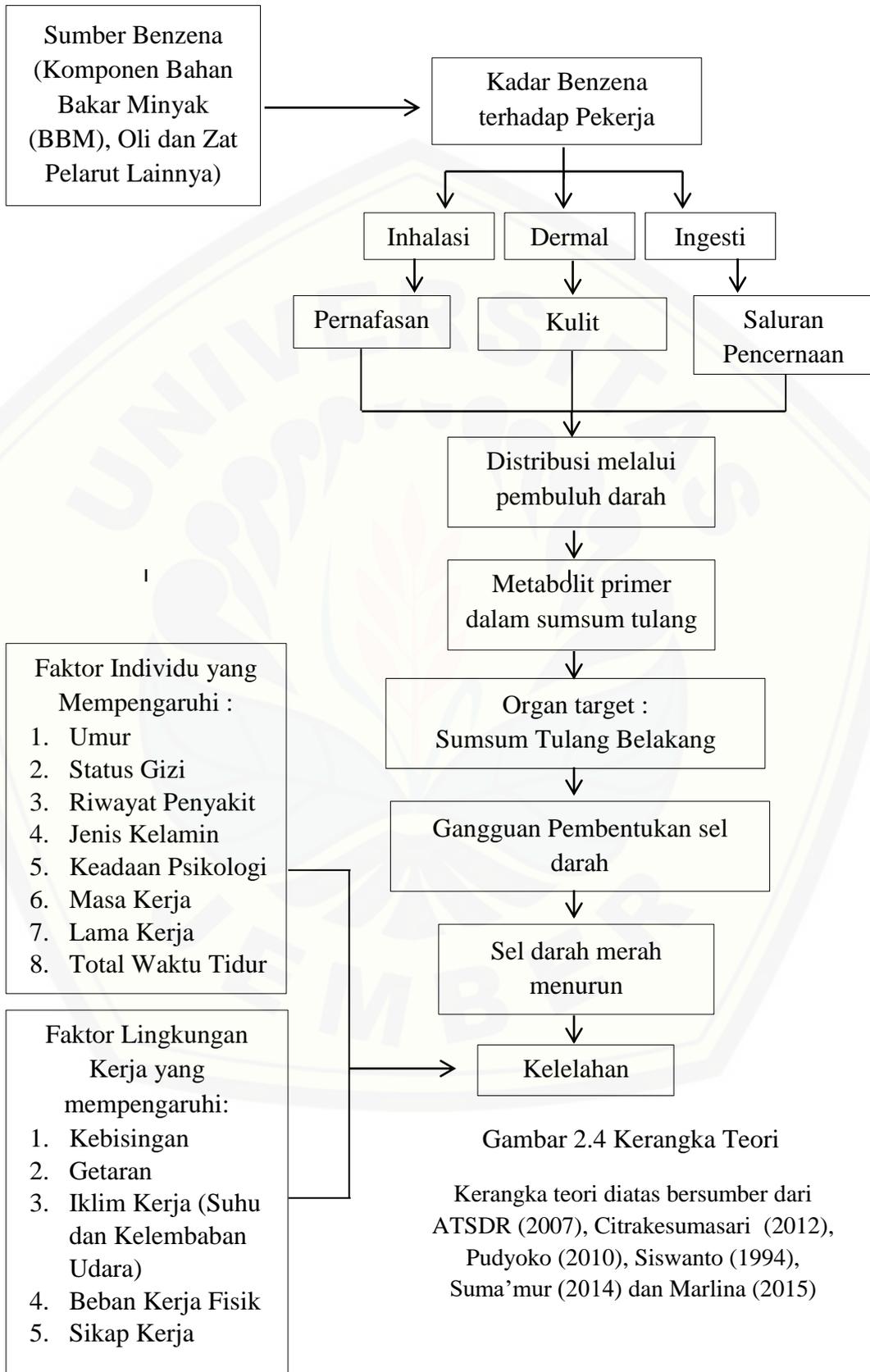
Menurut ATSDR (2007), paparan benzena dapat menyebabkan kelainan pada sumsum tulang belakang. Kelainan yang terjadi pada sumsum tulang belakang menyebabkan berkurangnya jumlah sel darah merah, sel darah putih dan *platelets*. Kekurangan darah merah akan berpengaruh dalam kegiatan metabolisme tubuh karena fungsi dari sel darah merah yaitu mengangkut oksigen dan energi ke seluruh tubuh. Terganggunya transportasi oksigen dalam tubuh akan mengakibatkan kekurangan oksigen dalam darah sehingga menyebabkan reaksi anaerob dimana

adenosine triphosphate (ATP) dan kreatin fosfat menurun, asam laktat dan ion hidrogen meningkat sehingga terjadi kelelahan (Firdaus, 2015:45). Penelitian Tunsaringkan *et al.*, (2012:123) juga menjelaskan bahwa pekerja yang terpapar oleh benzena ± 3 tahun masa kerja akan mengalami kelelahan kerja. Efek kronis yang disebabkan oleh paparan benzena yang semakin lama adalah terjadinya kanker, merusak sistem antibodi dan respon selular (leukosit), perubahan kromosom dan hypoplasia (penurunan semua sel darah).



Gambar 2.3 Mekanisme Paparan Benzena Mengakibatkan Kelelahan Kerja

2.5 Kerangka Teori



Gambar 2.4 Kerangka Teori

Kerangka teori diatas bersumber dari ATSDR (2007), Citrakesumasari (2012), Pudyoko (2010), Siswanto (1994), Suma'mur (2014) dan Marlina (2015)

2.6 Kerangka Konseptual



Gambar 2.5 Kerangka Konseptual

Pada Gambar 2.4 dijelaskan bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya kelelahan, diantaranya yaitu faktor individu (umur, masa kerja, status gizi, total waktu tidur, riwayat penyakit, jenis kelamin, dan keadaan psikologi), faktor lingkungan (iklim kerja, kebisingan, getaran, beban kerja fisik, dan sikap kerja) dan kadar benzena. Dari keseluruhan faktor tersebut, peneliti akan menganalisis beberapa variabel yang dianggap penting sesuai dengan kondisi dan memungkinkan untuk diteliti. Berdasarkan bagan kerangka konsep dapat diketahui bahwa peneliti akan meneliti umur, masa kerja, status gizi dan riwayat penyakit (faktor individu), iklim kerja dan kebisingan (faktor lingkungan kerja) dan kadar

benzena yang berkaitan dengan tingkat kelelahan pada mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Pada kerangka konseptual beberapa variabel tidak diteliti seperti jenis kelamin karena semua mekanik adalah laki-laki, total waktu tidur tidak diteliti karena menimbulkan terjadinya bias informasi, keadaan psikologis, beban kerja fisik, dan sikap kerja tidak diteliti karena semua responden dalam keadaan yang sama dalam keadaan psikologis, beban kerja fisik yang diterima, dan sikap kerjanya. Sedangkan getaran tidak diteliti karena paparan getarannya sedikit dan tidak lama. Pada kerangka konseptual, variabel-variabel tersebut akan dianalisis sesuai dengan tujuan peneliti, sehingga dari penelitian tersebut akan didapatkan hasil yang dapat menunjukkan adanya hubungan antara faktor individu, faktor lingkungan kerja dan kadar benzena terhadap tingkat kelelahan pada mekanik AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Survei deskriptif dilakukan terhadap sekumpulan objek yang biasanya bertujuan untuk melihat gambaran fenomena yang terjadi didalam suatu populasi tertentu. Metode penelitian deskriptif dilakukan dengan menempuh langkah-langkah pengumpulan data, klasifikasi, pengolahan atau analisis data, membuat kesimpulan dan laporan (Notoadmodjo, 2012: 35). Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskripsi, gambaran, atau lukisan secara sistematis, faktual, dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat, serta hubungan antar fenomena yang diselidiki (Nazir, 2009: 54). Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kadar benzena dan kelelahan kerja pada mekanik bengkel AHASS (Studi kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember).

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember karena Kecamatan Patrang dengan tiga bengkel AHASS dan Kecamatan Sumbersari dengan empat bengkel AHASS merupakan Kecamatan dengan jumlah bengkel AHASS terbanyak di Kabupaten Jember.

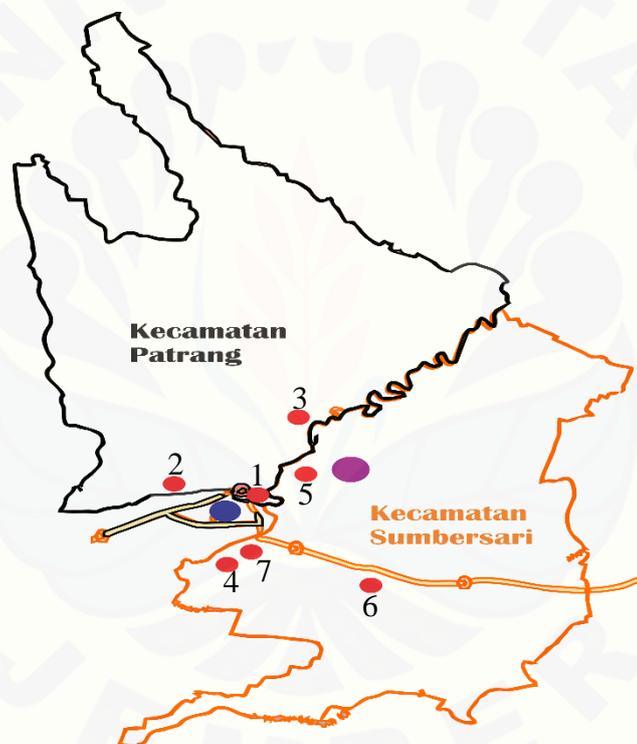
3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan April sampai dengan selesai. Kegiatan ini dimulai dengan persiapan penelitian yaitu penyusunan proposal, seminar proposal, pelaksanaan kegiatan penelitian, analisis hasil penelitian, penyusunan laporan sampai hasil dapat diseminarkan.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi adalah kumpulan dari individu dengan kualitas serta ciri-ciri yang telah ditetapkan (Nazir, 2009:271). Menurut Sugiyono (2014:117), populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulan setelahnya. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh mekanik pada lima bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember yang berjumlah 30 mekanik.



Gambar 3.1 Peta Tempat Bengkel AHASS

Keterangan:

- :Bengkel AHASS Gono Motor I (1), Bengkel AHASS Falah Mandiri I (2), Bengkel AHASS Karunia Sejahtera Motor (3), Bengkel AHASS MPM Motor (4), Bengkel AHASS Reyr Raff (5), Bengkel AHASS Tjan (6), Bengkel AHASS Falah Mandiri II (7)
- : Alun-alun ● : Universitas Jember

3.3.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah objek yang diteliti dan dianggap mewakili seluruh populasi penelitian sehingga dalam pengambilan sampel digunakan teknik tertentu agar sedapat mungkin mewakili populasinya (Notoadmodjo, 2012:115). Besar sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah seluruh mekanik pada lima bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Responden adalah mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari.
- b. Responden masih bekerja sebagai mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari.
- c. Responden setuju dijadikan sebagai sampel pada penelitian ini.

Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi di atas, semua sampel penelitian yaitu sebanyak 30 responden memenuhi kriteria yang telah ditentukan.

3.4 Variabel dan Definisi Operasional

3.4.1 Variabel Penelitian

Variabel bebas (*Independent variable*) adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi penyebab perubahan atau timbulnya variabel terikat (Sugiyono, 2014:39). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah usia, masa kerja, status gizi, iklim kerja dan kadar benzena lingkungan kerja bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

Variabel terikat (*dependent variable*) merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas (Sugiyono, 2014:19). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kelelahan kerja pada mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

3.4.2 Definisi Operasional Penelitian

Definisi operasional adalah uraian tentang batasan variabel yang dimaksud atau tentang apa yang diukur oleh variabel yang bersangkutan (Notoatmodjo, 2010:85). Definisi operasional variabel dalam penelitian ini sebagai berikut:

Tabel 3.1 Variabel, Definisi Operasional, Alat Ukur, Skala Data, dan Kategori

| No. | Variabel yang diteliti | Definisi Operasional | Alat Ukur | Kategori Penilaian |
|-----|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Umur | Lama hidup responden sejak lahir sampai penelitian dilakukan dalam satuan tahun | Wawancara menggunakan kuesioner | 1. 15-24 tahun 2. 25-34 tahun 3. 35-44 tahun 4. 45-54 tahun 5. > 55 tahun (Permenakertrans no 1 tahun 2014) |
| 2. | Masa Kerja | Lama kerja responden sebagai mekanik di bengkel | Wawancara menggunakan kuesioner | 1. 1 - 5 tahun 2. 6 - 10 tahun 3. 11 - 15 tahun 4. > 15 tahun (Nurmianto, 2008:389) |
| 3. | Status Gizi | Ekspresi dari kegiatan keseimbangan berdasarkan IMT | Mengukur Berat Badan (BB) menggunakan <i>bathroomscale</i> dan Tinggi Badan (TB) menggunakan <i>Microtoice</i> , serta IMT dengan cara membagi Berat Badan dengan Tinggi Badan kuadrat $IMT = \frac{BB \text{ (kg)}}{TB^2 \text{ (m)}}$ | 1. <i>Underweight</i> (IMT < 18,5) 2. Normal (nilai IMT \geq 18,5-24,99) 3. <i>Overweight</i> (nilai IMT \geq 25 - 29,99) 4. <i>Obese</i> (nilai IMT \geq 30) (<i>Center of Disesase Control and Prevention</i> , 2015) |

| No. | Variabel yang diteliti | Definisi Operasional | Alat Ukur | Kategori Penilaian |
|-----|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | Riwayat Penyakit | Jenis Penyakit yang diderita responden saat dilakukan penelitian | Wawancara menggunakan kuesioner | 1. Penyakit Jantung 2. Tekanan Darah Tinggi 3. Gangguan Ginjal 4. Diabetes Melitus (BPJS Kesehatan, 2017) |
| 5. | Iklm Kerja a. Suhu | Ukuran panas dingin suatu benda atau lingkungan yang dinyatakan dalam derajat Celcius ($^{\circ}\text{C}$) | Pengukuran dengan menggunakan <i>thermohygrometer</i> ruangan | 1. Suhu Rendah ($<18^{\circ}\text{C}$) 2. Suhu Normal ($18-30^{\circ}\text{C}$) 3. Suhu Tinggi ($>30^{\circ}\text{C}$) (Kemenkes RI Nomor 1405/MENKES) |
| | b. Kelembaban Udara | Jumlah uap air yang terkandung di udara dinyatakan dengan persentase (%) | Pengukuran dengan menggunakan <i>thermohygrometer</i> ruangan | 1. Kelembaban Rendah ($< 65\%$) 2. Kelembaban Normal ($65-95\%$) 3. Kelembaban Tinggi ($> 95\%$) (Kepmenkes RI Nomor 1405/MENKES) |
| 6. | Kebisingan | Intensitas suara yang tidak diinginkan yang diterima oleh responden | <i>Sound level meter</i> | 1. ≤ 85 dB (Sesuai dengan NAB) 2. > 85 dB (Tidak sesuai dengan NAB) (Permenakertrans no. 13/2011) |
| 7. | Kadar benzena dalam udara | Kandungan benzene di udara bengkel AHASS Kecamatan Patrang Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember | - Pompa sampling - Karbon aktif - <i>Gas Chromatography</i> | Dalam satuan ppm |

| No. | Variabel yang diteliti | Definisi Operasional | Alat Ukur | Kategori Penilaian |
|-----|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8. | Kelelahan Kerja | Perasaan lelah yang bermuara pada adanya penurunan kesiagaan, kehilangan efisiensi, penurunan kapasitas kerja, serta ketahanan tubuh | Menggunakan <i>Reaction Timer</i> yang diukur pada saat sebelum dan setelah melakukan pekerjaan. | 1. Normal (150,0-240,0 milidetik) 2. Kelelahan kerja ringan (240,0-410,0 milidetik) 3. Kelelahan kerja sedang (410-580,0 milidetik) 4. Kelelahan kerja berat (>580,0 milidetik) (Balai Hiperkes Surabaya, 2016) |

3.5 Sumber Data

3.5.1 Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2014: 308). Sumber data primer yang dikumpulkan dalam penelitian yaitu data mengenai umur, masa kerja, status gizi dan tingkat kelelahan kerja yang diperoleh dari wawancara langsung dan observasi pada mekanik bengkel sepeda motor di AHASS Kecamatan Sumbersari dan Kecamatan Patrang.

3.5.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak lain atau data primer yang telah diolah lebih lanjut dan disajikan baik oleh pengumpul data primer atau oleh pihak lain yang pada umumnya disajikan dalam bentuk tabel maupun diagram. Selain itu, Sugiyono (2014: 308), data sekunder adalah sumber yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misal lewat orang lain atau dokumen. Data sekunder dalam penelitian ini diperoleh dari Dinas Perhubungan (Rekapitulasi Kapasitas Ruas Jalan di Kabupaten Jember Tahun 2015), Dinas Tenaga Kerja (Bengkel AHASS di Kabupaten Jember) dan Dinas Perdagangan dan Industri (Servis Sepeda Motor dan Mobil di Kabupaten Jember)

3.6 Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

3.6.1 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data adalah langkah yang utama dalam penelitian yang bertujuan untuk mendapatkan data (Sugiyono, 2014:308). Nazir (2009: 174) menjelaskan bahwa pengumpulan data adalah suatu proses pengadaan data primer untuk keperluan penelitian. Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu:

a. Wawancara

Wawancara adalah pertemuan dua orang untuk bertukar informasi dan ide melalui tanya jawab, sehingga dapat dikonstruksikan makna dalam suatu topik tertentu (Sugiyono, 2014: 317). Wawancara dilakukan berdasarkan pedoman-pedoman berupa kusioner yang telah disiapkan sebelumnya. Sehingga *interviewer* tinggal membacakan pertanyaan-pertanyaan kepada responden. Pertanyaan-pertanyaan dalam pedoman (kuesioner) tersebut disusun sedemikian rupa sehingga mencakup variable-variabel yang berkaitan dengan hipotesisnya (Notoatmodjo, 2010: 37). Dalam penelitian ini wawancara dilakukan untuk memperoleh data mengenai faktor individu yaitu umur responden, masa kerja responden, status gizi responden dan riwayat penyakit responden.

b. Dokumentasi

Metode dokumentasi adalah mencari data mengenai hal-hal atau variabel yang berupa catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, lengger, agenda dan sebagainya (Arikunto, 2010: 274). Metode dokumentasi yang dilakukan dalam penelitian ini untuk memperoleh data mengenai data awal sebagai studi pendahuluan penelitian.

c. Pengukuran

Metode pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Pengukuran Status Gizi

Untuk melakukan pengukuran status gizi, alat ukur yang digunakan adalah *microtoice* untuk mengukur tinggi badan dan *bathroomscale* untuk mengukur berat badan yang nantinya dapat menentukan Indeks Massa Tubuh sebagai penilaian status gizi responden.

a) Pengukuran tinggi badan menggunakan *microtoice*

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut (Ningtyas, 2010 ; 49):

- 1) *Microtoice* ditempelkan dengan paku pada dinding yang lurus dan datar setinggi 2 meter dari lantai. Pada dinding lantai yang rata, angka menunjukkan angka nol.
- 2) Alas kaki dilepas. Responden harus berdiri tegak seperti sikap siap sempurna berbaris. Kaki lurus serta tumit, pantat, punggung, dan kepala bagian belakang menempel pada dinding dan menghadap lurus kedepan.
- 3) *Microtoice* diturunkan sampai rapat pada kepala bagian atas, siku-siku harus menempel pada dinding. Baca angka pada skala yang Nampak pada lubang dalam gulungan *microtoice* (skala ukur yaitu centimeter). Angka yang muncul tersebut menunjukkan tinggi badan yang diukur.



Gambar 3.2 *Microtoice*

(Sumber: Data Primer 2017)

b) Pengukuran berat badan menggunakan *bathroomscale*

Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut (Ningtyas, 2010 ; 49)

- 1) Jarum penunjuk berat badan harus menunjukkan angka nol.
- 2) Pakaian yang dikenakan usahakan seminimum mungkin, baju atau pakaian yang tebal dan alas kaki harus dilepas.
- 3) Responden berdiri di atas *bathroomscale* dan angka yang ditunjuk oleh jarum penunjuk adalah berat badan responden.

- 4) Angka yang ditunjuk oleh jarum penunjuk pada *bathroomscale* harus dilihat dari sisi samping responden yang diukur berat badannya oleh peneliti.



Gambar 3.3 *Bathroomscale*
(Sumber: Data Primer 2017)

2. Pengukuran suhu ruangan

Pengukuran suhu ruangan dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan alat *thermohygrometer*. Pengukuran dilakukan pada jam kerja. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang maksimal maka dilakukan tiga kali pengukuran yang kemudian dirata-rata dari setiap pengukuran tersebut. Tiga kali pengukuran tersebut dilakukan pada pagi hari (09.00), siang hari (12.00), dan di sore hari (15.00).

3. Pengukuran kelembaban udara ruangan

Pengukuran kelembaban udara di ruang kerja dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan alat *thermohygrometer*. Pengukuran dengan alat ini diawali dengan meletakkan *thermohygrometer* di tempat yang akan diukur kelembabannya kemudian menunggu proses perhitungan dari alat tersebut dan mencatat hasil pengukuran dalam skala yang ditunjukkan oleh *thermohygrometer*. Pengukuran kelembaban udara ruangan dilakukan pada pagi hari (09.00), siang hari (12.00), dan di sore hari (15.00).



Gambar 3.4 *Thermohygrometer*

(Sumber: Data Primer 2017)

4. Pengukuran kebisingan

Pengukuran kebisingan dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan alat *Sound Level Meter*. Pengukuran kebisingan akan dilakukan sebanyak tiga kali pengukuran pada jam 09.00, 12.00 dan 15.00. Cara mengukur kebisingan menggunakan *Sound Level Meter* adalah sebagai berikut:

- a) Memeriksa *battery* kemudian menekan tombol *power* selanjutnya memeriksa garis tanda pada monitor untuk memastikan *battery* dalam kondisi baik.
- b) Mengkalibrasi alat dengan kalibrator sehingga angka pada monitor sesuai dengan angka kalibrator.
- c) Menentukan *weighting network* (*A-Weighting Network*).
- d) Pengukuran dilakukan dengan memperkirakan posisi telinga (1,2-1,5 meter diatas lantai).
- e) Hidupkan alat dengan menekan tombol *On/Off*
- f) Pilih *range* frequency A atau C dengan menekan tombol A/C
- g) Pilih intensitas pengukuran yang sesuai dengan menekan tombol *range*. Secara default display akan tampil teks *Auto*. Ada 3 pilihan *range* yaitu *range* 1 (30-80 dB), *range* 2 (50-100 dB) dan *range* 3 (80-130 dB).
- h) Pada saat melakukan pengukuran *Sound Level Meter* dipegang pada jarak sepanjang ukuran lengan (*arm length*) dari sumber bising.

- i) Pemilihan responmeter yang tepat *fast* atau *slow*. *Fast* untuk jenis kebisingan kontinyu dan *slow* untuk kebisingan impulsive atau terputus-putus.
- j) Selama pengukuran tekan tombol *Hold* untuk melihatnya hasilnya. Tekan sekali lagi untuk keluar dari fungsi.
- k) *Sound Level Meter* didekatkan pada sumber bising atau lokasi pekerja berada selama ± 10 menit, kemudian lihat dan catat hasilnya dalam lembar observasi atau form pengukuran kebisingan selanjutnya menghitung intensitas kebisingannya.



Gambar 3.5 *Sound Level Meter*

(Sumber: Data Primer 2017)

5. Pengukuran kelelahan kerja

Pengukuran kelelahan kerja dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan alat *reaction timer*. *Reaction timer* dapat mengukur tingkat kelelahan yang dialami dengan cara mengukur waktu reaksi terhadap rangsangan dalam bentuk cahaya atau suara yang diberikan pada responden. Pengukuran kelelahan kerja dilakukan sebanyak dua kali yaitu sebelum mekanik bengkel bekerja (pukul 07.00) dan setelah mekanik bengkel bekerja (pukul 16.00). Cara mengukur kelelahan menggunakan *reaction timer* adalah sebagai berikut:

- b) Hidupkan alat dengan sumber tenaga listrik
- c) Hidupkan alat dengan menekan tombol power *on/off* (tekan *on*)
- d) Mereset angka penampilan sehingga menunjukkan angka “0,000” dengan menekan tombol “0”
- e) Pilih rangsangan cahaya dengan menekan tombol “cahaya”
- f) Probandus yang akan diperiksa diminta menekan tombol khusus probandus dan diminta secepatnya menekan tombol setelah melihat cahaya dari sumber rangsangan
- g) Untuk memberikan rangsangan, operator menekan tombol khusus operator (menggunakan *mouse*)
- h) Setelah diberi rangsangan, probandus menekan tombol khusus probandus maka pada layar kecil akan menunjukkan angka waktu reaksi dengan satuan “mili detik”.
- i) Pemeriksaan diulang sampai 20 kali
- j) Data yang dianalisa (diambil rata-ratanya) yaitu skor hasil 10 kali pengukuran ditengah (hasil pengukuran ke 6-15)
- k) Mencatat hasil pengukuran pada lembar pengukuran
- l) Setelah pemeriksaan, matikan alat dengan menekan tombol power *off* dan lepaskan dari sumber tenaga



Gambar 3.6 *Reaction Timer*

(Sumber: Data Primer 2017)

6. Pengukuran kadar benzena lingkungan kerja

Pengambilan sampel kadar benzena lingkungan kerja menggunakan metode NIOSH 1501, 1994 dilakukan oleh tim dari Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Surabaya. Dalam melakukan pengukuran kadar benzena lingkungan kerja perlu dilakukan pencatatan mengenai arah angin, kecepatan angin (m/s), waktu dan lama pengukuran, tekanan udara (mmHg), temperature udara ($^{\circ}\text{C}$), dan kelembaban udara (%). Pengukuran kadar benzena lingkungan kerja bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumpalsari, Kabupaten Jember dilakukan oleh petugas Unit Pelayanan Teknis Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Surabaya dengan menggunakan alat pompa sampling, karbon aktif, dan gas *chromatography*.



Gambar 3.7 Denah Bengkel AHASS

Pengukuran kadar benzena lingkungan kerja di bengkel AHASS dilakukan pada satu titik yang dekat dengan area perbaikan yang merupakan tempat mekanik untuk melakukan proses perbaikan sepeda motor. Pengambilan pada titik tersebut untuk mendapatkan hasil maksimal dalam pengambilan benzena di lingkungan udara bengkel. Pengukuran benzena dilakukan satu kali pada pukul 10.00-11.00 dikarenakan pada pukul tersebut merupakan waktu terpadat dilakukannya perbaikan sepeda motor yang dapat dilihat melalui banyaknya antrian sepeda motor yang akan dibenahi di bengkel AHASS.

Langkah pengambilan sampling udara yaitu:

- a. Menyiapkan *vacuum pump* (pompa sampling udara) dan *flow meter*

- b. Menyiapkan *carcoal tube* dengan kedua ujungnya dilepaskan agar udara dapat masuk di dalamnya
- c. Merangkai *carcoal tube* pada *sampling tube*
- d. Mengatur aliran udara antara 0,01 sampai 0,2 liter/menit (sesuai dengan metode NIOSH 1501)
- e. Meletakkan *sampling pump* pada lokasi pengukuran selama 1 jam
- f. Setelah selesai lepaskan *carcoal tube* dari *sampling pump* dan menutup ujung-ujung *carcoal* yang terbuka dengan tutupnya.
- g. Kemudian simpan sampel di suhu 4°C dan dibawa ke laboratorium
- h. Di laboratorium, karbon aktif yang telah mengandung senyawa benzena dipecahkan dan dilarutkan dengan larutan Carbon Disulfida (CS₂)
- i. Setelah itu dilakukan analisis konsentrasi benzene dengan menggunakan alat Gas Chromatography and Flame Ionization Detector (FID) di laboratorium Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Surabaya.



Gambar 3.8 Pompa *Sampling* Benzene
(Sumber: Balai Hiperkes Surabaya)

3.6.2 Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen adalah alat pada waktu peneliti menggunakan suatu metode atau teknik pengumpulan data. Sugiyono (2014: 133), instrumen penelitian digunakan untuk mengukur nilai variabel yang diteliti. Alat atau instrument yang digunakan yaitu kuesioner serta lembar observasi. Lembar kuesioner digunakan untuk wawancara mengenai faktor individu yaitu umur responden, masa kerja responden, status gizi responden dan riwayat penyakit responden. Sedangkan lembar observasi

digunakan untuk melakukan pengukuran berat badan (BB) dan tinggi badan (TB) untuk mengetahui status gizi responden, pengukuran kelelahan kerja dengan alat ukur *reaction timer* dan pengukuran kadar benzene diudara dengan melakukan uji laboratorium menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS).

3.7 Teknik Pengolahan, Penyajian dan Analisis Data

3.7.1 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data adalah kegiatan lanjutan setelah pengumpulan data dilaksanakan (Bungin, 2005: 164-169). Pada penelitian ini, pengolahan data dilaksanakan dengan melalui tahap-tahap berikut ini:

a. Coding

Setelah semua kuesioner diedit atau disunting, selanjutnya dilakukan pengkodean atau *coding*, yakni mengubah data berbentuk kalimat atau huruf menjadi data angka atau bilangan. *Coding* atau pemberian kode ini sangat berguna dalam memasukkan data (*data entry*).

b. Pemeriksaan data (*editing*)

Editing merupakan kegiatan yang dilakukan setelah peneliti menghimpun data di lapangan. Kegiatan ini menjadi penting karena kenyataannya bahwa data yang terhimpun kadang kala belum memenuhi harapan peneliti, ada diantaranya kurang atau terlewatkan, tumpang tindih, berlebihan bahkan terlupakan. Oleh karena itu, keadaan tersebut harus diperbaiki melalui *editing* ini. *Editing* meliputi kelengkapan pengisian, kesalahan pengisian dan konsistensi dari setiap jawaban.

c. *Tabulating*

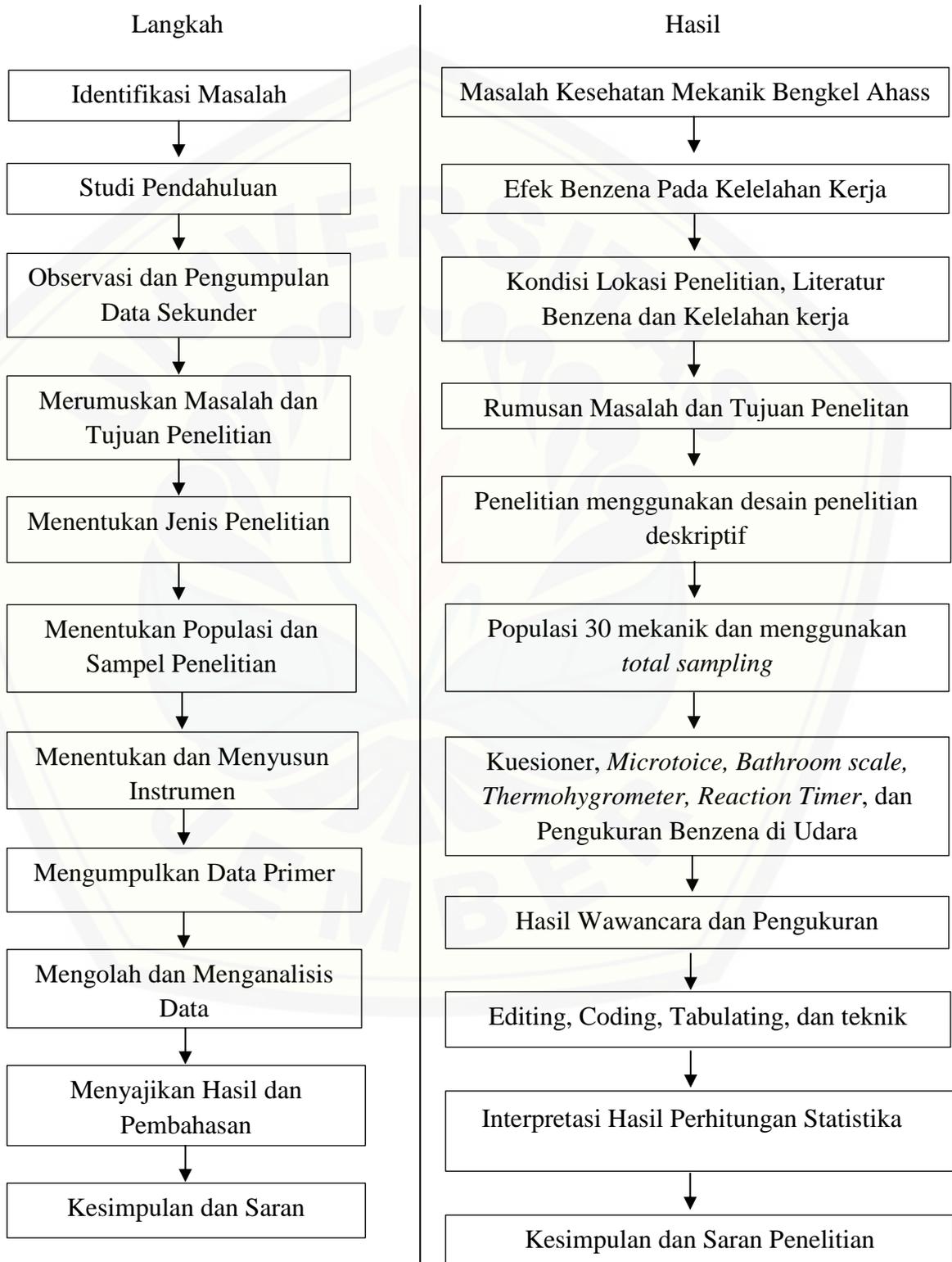
Tabulasi adalah bagian terakhir dari pengolahan data. Maksud tabulasi adalah memasukkan data pada tabel-tabel tertentu dan mengatur angka-angka serta menghitungnya. Kegiatan ini dilakukan untuk mempermudah peneliti dalam menjumlah skor dari jawaban responden.

3.7.2 Teknik Penyajian Data

Penyajian data merupakan kegiatan yang dilakukan dalam pembuatan laporan hasil penelitian yang dilakukan agar dapat dipahami, dianalisis sesuai dengan tujuan yang diinginkan kemudian ditarik kesimpulan sehingga dapat menggambarkan hasil penelitian. Selain itu, hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel frekuensi dan tekstual. Penyajian dalam bentuk tabel digunakan dengan maksud agar orang lebih mudah memperoleh gambaran tentang hasil penelitian (Notoadmodjo, 2010: 188). Penyajian data dalam penelitian ini melalui tabulasi silang. Tabulasi silang digunakan untuk melihat hubungan antara dua variabel dalam satu tabel. Tabulasi silang merupakan cara termudah melihat asosiasi dalam sejumlah data dengan perhitungan persentase. Tabulasi silang merupakan salah satu alat yang paling berguna untuk mempelajari hubungan antara variabel-variabel karena hasilnya mudah dikomunikasikan. Data yang diperoleh dari penelitian diatas pada tahapan selanjutnya dilakukan analisis data. Analisis data yang dilakukan peneliti dalam hal ini adalah teknik analisis deskriptif yaitu memaparkan hasil penelitian berupa wawancara pada pemilik, pekerja dan hasil analisis kadar benzena dan kelelahan kerja pada mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember.

3.8 Alur Penelitian

Urutan langkah-langkah penelitian dan hasil dari masing-masing langkah diuraikan dalam bagan berikut.



BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian di industri bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember diperoleh kesimpulan.

- a. Bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari di Kabupaten Jember memiliki jumlah total 30 mekanik, jam operasional bengkel mulai hari senin-sabtu pukul 07.30-16.00 dan setiap mekanik memperbaiki 5-6 sepeda motor setiap harinya.
- b. Sebagian besar responden berumur 15-24 tahun, memiliki masa kerja 1-5 tahun, memiliki status gizi normal, dan tidak ada responden yang memiliki riwayat penyakit yang berhubungan dengan kelelahan kerja.
- c. Sebagian besar bengkel memiliki rata-rata suhu lingkungan kerja dengan kategori suhu normal memiliki rata-rata kelembaban udara dengan kategori normal dan seluruh bengkel memiliki rata-rata kebisingan melebihi nilai ambang batas (NAB).
- d. Sebagian besar responden pada pengukuran kelelahan kerja sebelum bekerja mengalami kelelahan kerja ringan dan sebagian besar responden pada pengukuran kelelahan kerja setelah bekerja tidak mengalami kelelahan kerja.
- e. Sebagian besar bengkel memiliki kadar benzena lingkungan kerja melebihi 0,5 ppm atau melebihi nilai ambang batas (NAB).
- f. Semakin bertambah umur dan masa kerja serta status gizi responden dalam kategori *underweight* dan *overweight* cenderung mengalami kelelahan kerja sedangkan riwayat penyakit diperoleh data homogen.
- g. Faktor lingkungan kerja dengan suhu tinggi dan kelembaban udara yang rendah memiliki kecenderungan terjadinya kelelahan kerja pada responden sedangkan kebisingan menunjukkan data yang homogen sehingga tidak didapatkan kecenderungan terjadinya kelelahan kerja yang terjadi pada responden.
- h. Bengkel dengan kadar benzena lingkungan kerja yang melebihi 0,5 ppm atau NAB lebih banyak mengalami kelelahan kerja.

5.2 Saran

5.2.1 Bagi Instansi Pemerintah

Memberikan pengarahan, bimbingan dan pengawasan pada keselamatan dan kesehatan mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumpersari Kabupaten Jember yang dilakukan oleh instansi-instansi terkait yaitu Dinas Ketenagakerjaan dan Transmigrasi Kabupaten Jember dan Dinas Kesehatan Kabupaten Jember.

5.2.2 Bagi Pemilik Bengkel dan Mekanik Bengkel AHASS

- a. Untuk mengurangi kadar benzena lingkungan kerja disarankan untuk menggunakan ventilasi jenis *local exhaust ventilation* yang jauh lebih baik untuk memindahkan udara yang mengandung bahan kimia serta pembuatan standard operasional prosedur yang lebih jelas dan rinci mengenai aktivitas bengkel khususnya saat melakukan *service* sepeda motor yang dilakukan oleh mekanik, serta mewajibkan para mekanik untuk memakai masker serta sarung tangan dan penyediaan masker serta sarung tangan dilakukan oleh pihak pemilik bengkel.
- b. Untuk mengurangi paparan benzena pada mekanik maka para mekanik harus patuh untuk memakai alat pelindung diri (APD) berupa masker dan sarung tangan jika sudah disediakan oleh pihak pemilik bengkel karena mekanik masih belum memakai APD secara lengkap, mencuci baju kerja setiap hari dan menjaga kebersihan diri. Melakukan kegiatan *toolbox meeting* yaitu pertemuan oleh semua para mekanik sebelum bekerja juga bisa dilakukan sebagai sarana untuk mengingatkan para mekanik untuk selalu memakai alat pelindung diri APD dan mementingkan keselamatan kerja.

5.2.3 Bagi Peneliti Selanjutnya

- a. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan pengukuran kadar fenol dalam urine untuk mendapatkan data yang lebih akurat sehingga dapat diperoleh mengenai gambaran paparan benzena yang terdapat dalam tubuh mekanik.
- b. Kekurangan dalam penelitian ini perlu dilakukan penambahan jumlah populasi serta sampel dengan lingkup populasi yang lebih luas sehingga bisa diketahui secara jelas mengenai hubungan antara variabel yang diteliti meliputi faktor individu dengan kelelahan kerja, faktor lingkungan kerja dengan kelelahan kerja dan kadar benzena dengan kelelahan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2007. *Toxicological Profile For Benzene*. US: Department of Health and Human Service. [serial on line]. [Diakses 18 November 2016].
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2015. *Addendum To The Toxicological Profile For Benzene*. US: Department of Health and Human Service. [serial on line]. [Diakses 18 November 2016].
- Arnold, Angerer, Boogard, Hughes, O'lonc, Robison dan Schnatter. 2013. The use of biomonitoring data in exposure and human health risk assessment: benzene case study. *Critical Reviews in Toxicology*, 43(2);119-153. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Arsana, I., Aryanta, I., dan Sudana, I B. 2015. Kajian Kualitas Lingkungan Kerja Dan Penerapan Standar Operasional Prosedur Bengkel Servis Kendaraan Terhadap Kesehatan Pekerja Mekanik Sepeda Motor Di Kota Denpasar. *Ecotrophic Jurnal* 2015;9(2):64-72. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Astra Honda Motor. 2016. *Dealer Sepeda Motor Terbaru Honda Di Kabupaten Jember*. Jakarta: Astra Honda [serial on line]. [Diakses 20 April 2017]
- Astra Honda Motor. 2016. *Petunjuk Teknis Penyetelan Sepeda Motor*. Jakarta: Astra Honda
- Atiqoh, J., Wahyudi, I., dan Lestanyo, D. 2014. Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kelelahan Kerja Pada Pekerja Konveksi Bagian Penjahitan di CV. Aneka Garment Gunungpati Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 2014, 2;119-126. [serial on line]. [Diakses 14 September 2017].
- Azari, Konjin, Zayeri, Salehpour, Seyedi. 2012. Occupational Exposure of Petroleum Depot Workers to BTEX Compounds. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2012, 3;39-44. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Timur. 2015. *Jumlah Penduduk 2011-2015*. Surabaya: BPS [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].

- Badan Penyelenggara Jaminan Sosial. 2017. *Skrining Riwayat Kesehatan BPJS Kesehatan Mobile*. Jakarta [serial on line]. [Diakses 14 Mei 2017]
- Balai Hiperkes Surabaya. 2016. *Pedoman Pengukuran Kelelahan Kerja*. Surabaya
- Budiono, A., Jusuf, R., dan Pusparini, A. 2003a. *Bunga Rampai Hiperkes dan KK*, Semarang: BP Universitas Diponegoro.
- Budiono, A., Jusuf, R., dan Pusparini, A. 2016b. *Bunga Rampai Hiperkes dan KK Cetakan VI*. Semarang: BP Universitas Diponegoro.
- Bungin, B. 2005. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Jakarta. Prenada Media.
- Citrakesumasari. 2012. *Anemia Gizi, Masalah dan Pencegahannya. E-book*. Yogyakarta: Kalika. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Center of Disease Control and Prevention. 2015. *About Adult Body Mass Index*. Atlanta: CDCgov
- Dinas Perhubungan. 2015. *Rekapitulasi Kapasitas Ruas Jalan Kabupaten Jember Tahun 2015*. Jember.
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan. *Industri Service Sepeda Motor dan Mobil*. Jember.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 933.K/10/DJM.S/2013 tentang Standar Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88 Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri . Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Departemen Ketenagakerjaan. 2014. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Nomor 1 Tahun 2014 tentang Klasifikasi Dan Karakteristik Data Dari Jenis Informasi Ketenagakerjaan. Jakarta: Departemen Ketenagakerjaan
- Departemen Ketenagakerjaan. 2011. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Nomor 13 PER.13/MEN/X/2011 Tahun 2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja. Jakarta: Departemen Ketenagakerjaan

- Departemen Lingkungan Hidup. 2009. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup
- Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. *Profil dan Kinerja Perhubungan Darat 2014 Provinsi Jawa Timur*. Jakarta. [serial online]. [Diakses 14 April 2017].
- Firdaus, N. 2015. Hubungan Karakteristik Responden dan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah dengan Kelelahan Kerja. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Elia, K., Josphus, J., dan Tucunan, A. Hubungan antara Kelelahan Kerja dan Masa Kerja dengan Produktivitas Kerja pada Tenaga Kerja Bongkar Muat di Pelabuhan Bitung Tahun 2015. *Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT 2016*, 5(2);107-103. [serial online]. [Diakses 12 Oktober 2017].
- Firdaus, N. 2015. Hubungan Karakteristik Responden dan Kadar Timbal (Pb) dalam Darah dengan Kelelahan Kerja. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Ganoong, W. 2008. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 22*. Jakarta: EGC
- Guyton, A. 1997. *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 9*. Jakarta: EGC
- Haen, M dan Oginawati, K. 2010. *Hubungan Paparan Senyawa Benzena, Toluena dan Xylen dengan Sistem Hematologi Pekerja I Kawasan Industri Sepatu*. [serial on line]. [Diakses 11 November 2016].
- Handoyo, E dan Wispriyono, B. 2016. Risiko Kesehatan Paparan Benzena, Toluena, dan Xylen Petugas Pintu Tol. *Jurnal Kesehatan Masyarakat 2016*, 11;96-102. [serial on line]. [Diakses 11 November 2016].
- Hariyati, M. 2011. Pengaruh Beban Kerja terhadap Kelelahan Kerja pada Pekerja Linting Manual Dipt. Djitoe Indonesia Tobacco Surakarta. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. [serial on line]. [Diakses 19 November 2016].
- Hayat, I. 2013. Analisis Besaran Risiko Kesehatan Paparan Benzena pada Petugas Operator SPBU di Wilayah. Ciputat Tahun 2012. *Skripsi*. Jakarta: Fakultas

Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. [serial on line]. [Diakses 17 November 2016].

Helander. 2006. *A Guide to Human Factors and Ergonomics*. Taylor and Francis: London.

Herliani, F. 2012. Hubungan Status Gizi dengan Kelelahan Kerja pada Pekerja Industri Pembuatan Gamelan di Daerah Wirun Sukoharjo. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret.

Hernawati. 2006. *Produksi Asam Laktat pada Exercise Aerobik dan Anaerobik*. E-book. Bandung; FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].

Indriani, F. 2010. Pengaruh Riwayat Atopik terhadap Timbulnya Dermatitis Kontak Iritan di Perusahaan Batik Putra Laweyan Surakarta. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surakarta. [serial on line]. [Diakses 18 November 2016].

International Agency For Research on Cancer. 2012. *Benzene*. WHO. [serial on line]. [Diakses 18 November 2016].

International Risk Information System. 2003. *Benzene*. U.S Enviromental Protection Agency. [serial on line]. [Diakses 20 April 2017].

Kurniawidjaja, Sofia, Hendra, Pudjadi, Lestari dan Tejamaya. 2012. Keluhan Pernapasan dan Analisis Risiko Kesehatan Paparan BTX pada Pekerja di Bengkel Alas Kaki Informal di Kecamatan Ciomas Kabupaten Bogor. *Jurnal Respir Indo*, 32(1);36-43. [serial on line]. [Diakses 10 November 2016].

Kusyanto, H dan Pawenang, E. 2005. *Panduan Praktikum Laboratorium Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Semarang: Unnes Press.

Latifa, N. 2015. *Fisika Bangunan 1*. Jakarta: Griya Kreasi.

Lukman., Caecilia, S., dan Arie, D. 2014. Analisis Pengaruh Lingkungan Fisik Kabin Masinis Terhadap Kelelahan Masinis Berdasarkan Heart Rate Variability. *Jurnal Reka Integra* 1(2);319-327.

- Luxson, M., Darlina, S dan Malaka, T. 2012. Kebisingan di Tempat Kerja. *Jurnal Kesehatan Bina Husada* 6(2).
- Marlina. 2015. Kadar Benzena di Udara Ambien dan Kadar Hemoglobin pada Operator Pompa Bensin (Studi pada SPBU di Kecamatan Situbondo dan Kecamatan Panji, Kabupaten Situbondo. *Skripsi*. Jember: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember.
- Mauludi, M. 2010. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan pada Pekerja di Proses Produksi Kantong Semen PBD (Paper Bag Division) PT. Indocement Tunggul Prakarsa TBK Citeurup Bogor Tahun 2010. *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Mentari, A., Kalsum., dan Salmah, U. 2012. Hubungan Karakteristik Pekerja dan Cara Kerja dengan Kelelahan Kerja pada Pemanen Kelapa Sawit di PT. Perkebunan Nusantara IV (Persero) Unit Usaha Adolina Tahun 2012. *Skripsi*. Medan: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara
- Muizzudin, A. 2013. Hubungan antara Kelelahan Kerja dengan Produktivitas Kerja pada Tenaga Kerja Bagian Tenun. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang. [serial on line]. [Diakses 19 November 2016].
- National Institute for Occupational Safety and Health. 2016. *Benzene*. Center for Disesase Control and Prevention
- Nazir, M. 2009. *Metode Penelitian*. Jakarta Selatan: Ghalia Indonesia.
- Ningtyas, F. 2010. *Penentuan Status Gizi Secara Langsung*. Jember: Jember University Press.
- Nurmianto. E 2008. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya: Guna Wijaya.
- Notoatmodjo, S. 2010. *Metode Penelitian Kesehatan*. Rineka Cipta: Jakarta
- Notoatmodjo, S. 2011. *Kesehatan Masyarakat: Ilmu dan Seni*. Rineka Cipta: Jakarta

- Paulina dan Salbiah. 2016. Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan pada Pekerja di PT. Kalimantan Steel. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 2(2);377-384.
- Purwaningsih, R dan Aisyah. 2016. Analisis Pengaruh Temperatur Lingkungan, Berat Badan, dan Tingkat Beban Kerja Terhadap Denyut Nadi Pekerja Ground Handling Bandara. *Jurnal Teknik Industri*, 9(1);15-20
- Portal Satu Data Indonesia. 2015. *Jumlah Kendaraan Bermotor (Unit)*. Satu Data Indonesia: Jakarta. [serial on line]. [Diakses 13 April 2017].
- Pudyoko, S. 2010. Hubungan Paparan Benzene dengan Kadar Fenol dalam Urin dan Gangguan Sistem Hematopoietic pada Pekerja Instalasi BBM. *Tesis*. Semarang: Progam Studi Magister Kesehatan Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang. [serial on line]. [Diakses 10 November 2016].
- Pranoto, B. 2014. Hubungan Status Gizi dengan Kelelahan Kerja pada Tenaga Kerja Bagian Weaving di PT. Iskandar Indah Printing Textile Surakarta. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Rustiana, E. 2005. *Psikologi Kesehatan*. Semarang: Unnes Press.
- Russeng, S. 2009. Status Gizi dan Kelelahan Kerja (Kajian pada Pengemudi Bus Malam di Sulawesi Selatan dan Barat). *Disertasi*. Makassar: Progam Studi Ilmu Kedokteran Universitas Hassanudin. [serial on line]. [Diakses 13 November 2016].
- Ross, D dan Zhou, H. 2010. Relationship between metabolic and non metabolic susceptibility factors in benzene toxicity. *Chem Biol Interact Journal*, 184(1-2);222-228. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Safety Sign Indonesia. 2016. *Standar International EN 352: Panduan Memilih Alat Pelindung Pendengaran Yang Tepat*. PT. Safety Sign Indonesia. [serial on line]. [Diakses 21 April 2017].
- Safitri, F. 2016. Perbedaan Tekanan Darah dan Kelelahan Kerja pada Tenaga Kerja Terpapar Panas di Atas dan di Bawah NAB di PT. Aneka Adhilogam Karya Ceper Klaten. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Salim, R. 2012. Analisis Risiko Kesehatan Pajanan Benzena pada Karyawan di SPBU 'X' Pancoranmas Depok Tahun 2011. *Skripsi*. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. [serial on line]. [Diakses 17 November 2016].
- Sari, O. 2016. Hubungan Lingkungan Kerja Fisik dengan Kelelahan Kerja pada Kolektor Gerbang Tol Cililitan PT Jasa Marga Cabang Cawang Tomang Cengkareng Tahun 2016. *Skripsi*. Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Setyanto, T. 2013. Pengaruh Intensitas Kebisingan Terhadap Kenaikan Denyut Nadi pada Pekerja di PT. Pertani (Persero) Cabang Surakarta. *Skripsi*. Surakarta: Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Setyawati, L. 2011. *Selintas Tentang Kelelahan Kerja*. Yogyakarta: Amara Books.
- Silastuti, A. 2006. Hubungan Antara Kelelahan Dengan Produktivitas Tenaga Kerja Di Bagian Penjahitan PT. Bengawan Solo Garment Indonesia. *Thesis*. Semarang: Universitas Semarang. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Sindo. 2016. *Transportasi Jember Belum Layak*. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Siswanto, A. 1994. *Toksikologi Industri*. Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Jawa Timur.
- Smith, M. 2010. Advances in Understanding Benzene Health Effects and Susceptibility. *Annual Review Public Health, 31;133-148*. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].
- Soraya, A. 2014. Hubungan Antara Kadar Hemoglobin dengan Tingkat Kelelahan Kerja pada Polisi Lalu Lintas Wilayah Semarang Barat 2014. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Dian Nuswantoro. [serial on line]. [Diakses 18 November 2016].
- Standar Nasional Indonesia. 2005. *Nilai Ambang Batas (NAB) Zat Kimia di Udara Tempat Kerja*. Badan Standarisasi Nasional.
- Suma'mur. 2014. *Higiene Perusahaan Dan Kesehatan Kerja (HIPERKES)*. Jakarta: CV Sagung Seto

- Supariasa, I.D.N., Bakri, B., dan Fajar, I. 2012. *Penilaian Status Gizi*. Jakarta: EGC.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Pendidikan Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tarwaka. 2014. *Ergonomi Industri – Dasar-dasar Pengetahuan Ergonomi dan Aplikasi di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press Solo.
- Tunsaringkarn, Siritwong, Rungsithin, Nopparatbundit. 2012. Occupational Exposure of Petroleum Depot Workers to BTEX Compounds. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2012, 3;117-125. [serial on line]. [Diakses 13 November 2016].
- Wignjosoebroto, S. 2000. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: Uniba Press
- Yuniati, I. 2016. Hubungan Praktik Kerja, Paparan Benzena dan Kebiasaan Merokok dengan Konsentrasi Benzena dalam Urin. *Skripsi*. Semarang: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang. [serial on line]. [Diakses 17 November 2016].
- Zuliyawan. 2010. Analisis Risiko Kesehatan Paparan Benzena Melalui Penentuan Level Trans, Trans-Muconic Acid dalam Urin pada Karyawan Di SPBU 'X' Jakarta Utara 2010. *Skripsi*. Depok: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. [serial on line]. [Diakses 17 November 2016].
- Zhang, L., Eastmond, D., dan Smith, M. 2002. The Nature of Chromosomal Aberrations Detected in Humans Exposed to Benzene. *Critical Reviews in Toxicology*;32. [serial on line]. [Diakses 12 November 2016].

LAMPIRAN**Lampiran A. Pengantar Kuesioner**

Judul : Analisis Paparan Benzena Terhadap Kelelahan Kerja Pada Mekanik Bengkel AHASS(Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Kabupaten Jember Sumbersari)

Dengan hormat,

Dalam rangka untuk penulisan skripsi yang merupakan tugas akhir dalam memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan perkuliahan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember dan mencapai gelar Sarjana Kesehatan Masyarakat (S.KM) pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, maka peneliti mohon kesediaan Anda mengisi kuesioner ini.

Kuesioner penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan paparan benzena terhadap kelelahan kerja pada mekanik bengkel AHASS di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember. Oleh karena itu, besar harapan kami agar Anda dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan yang peneliti berikan dengan sejujur-jujurnya.

Setiap jawaban yang Anda berikan mempunyai arti yang penting dan tidak ternilai bagi peneliti. Penelitian ini tidak akan berjalan jika peneliti tidak mendapatkan informasi yang dapat mendukung penyediaan data penelitian ini.

Atas perhatian dan kerjasamanya, peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

Jember, Juni 2017

Responden

()

Lampiran B. *Informed Consent*

Judul : **Analisis Paparan Benzena Terhadap Kelelahan Kerja Pada Mekanik Bengkel AHASS (Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Kabupaten Jember Sumpersari)**

Informed Consent

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama :

Alamat :

Menyatakan persetujuan saya untuk membantu dengan menjadi responden dalam Penelitian yang berjudul: **“Analisis Paparan Benzena Terhadap Kelelahan Kerja Pada Mekanik Bengkel AHASS Di Kecamatan Patrang Dan Kecamatan Kabupaten Jember Sumpersari”**.

Prosedur penelitian ini tidak menimbulkan risiko atau dampak apapun terhadap saya dan keluarga saya. Saya telah diberi penjelasan mengenai hal tersebut diatas dan saya diberi kesempatan menanyakan hal-hal yang belum jelas dan telah diberikan jawaban dengan sangat jelas dan benar.

Dengan ini, saya menyatakan secara sukarela dan tanpa tekanan untuk ikut serta sebagai responden dalam Penelitian. Dan akan memberikan informasi yang benar dan jelas atas segala pertanyaan yang diajukan oleh peneliti.

Jember, Juni 2017

Responden

()

Lampiran C. Kuesioner Penelitian

KUESIONER WAWANCARA

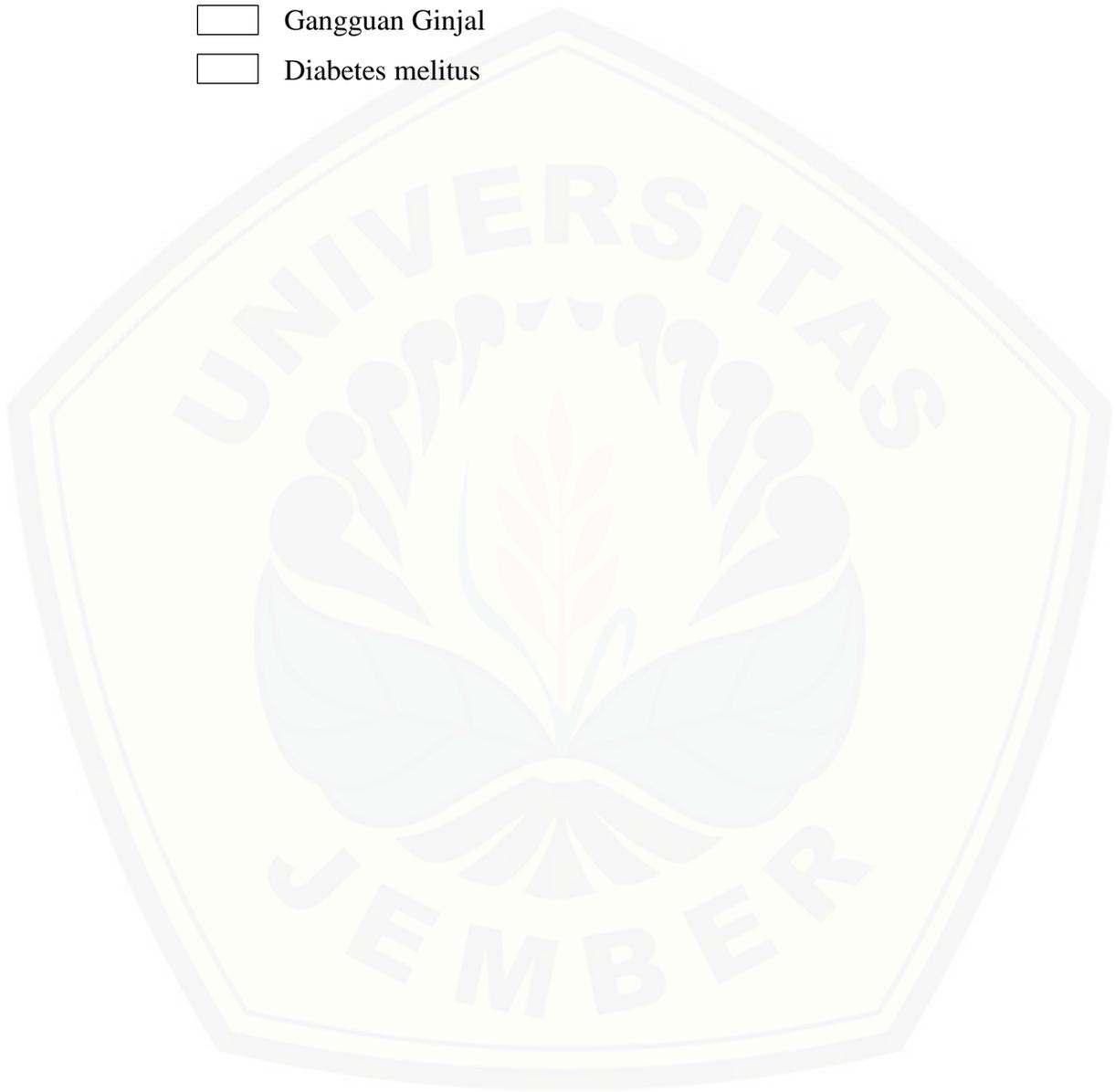
| | |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Keterangan pengumpul data | |
| Nama pengumpul data | |
| Tanggal pengumpul data | |
| Profil Responden | |
| Nama responden | |
| Umur responden | <input type="checkbox"/> 21-25 tahun <input type="checkbox"/> 26-30 tahun <input type="checkbox"/> 31-35 tahun <input type="checkbox"/> 41-45 tahun <input type="checkbox"/> > 55 tahun |
| Tinggi badan | cm |
| Berat badan | kg |
| Status gizi | <input type="checkbox"/> < 18,5 (<i>Underweight</i>) <input type="checkbox"/> ≥18,5 – 24,9 (<i>Normal</i>) <input type="checkbox"/> ≥ 25 – 29,99 (<i>Overweight</i>) <input type="checkbox"/> ≥ 30 (<i>Obese</i>) |
| Tanda tangan responden | |

1. Sudah berapa tahun Anda bekerja di bengkel ini ?

- 1-5 tahun 6-10 tahun
 11-15 tahun > 15 tahun

2. Apakah Anda memiliki jenis Riwayat penyakit yang pernah diderita seperti dibawah ini?

- Penyakit Jantung
- Hipertensi
- Gangguan Ginjal
- Diabetes melitus



Lampiran D. Lembar Pengukuran Kelelahan Kerja (*Reaction Timer*)

| No | Waktu Reaksi Responden (Milidetik) | |
|-----|------------------------------------|---------|
| | Sebelum | Sesudah |
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |
| 4. | | |
| 5. | | |
| 6. | | |
| 7. | | |
| 8. | | |
| 9. | | |
| 10. | | |
| 11. | | |
| 12. | | |
| 13. | | |
| 14. | | |
| 15. | | |
| 16. | | |
| 17. | | |
| 18. | | |
| 19. | | |
| 20. | | |

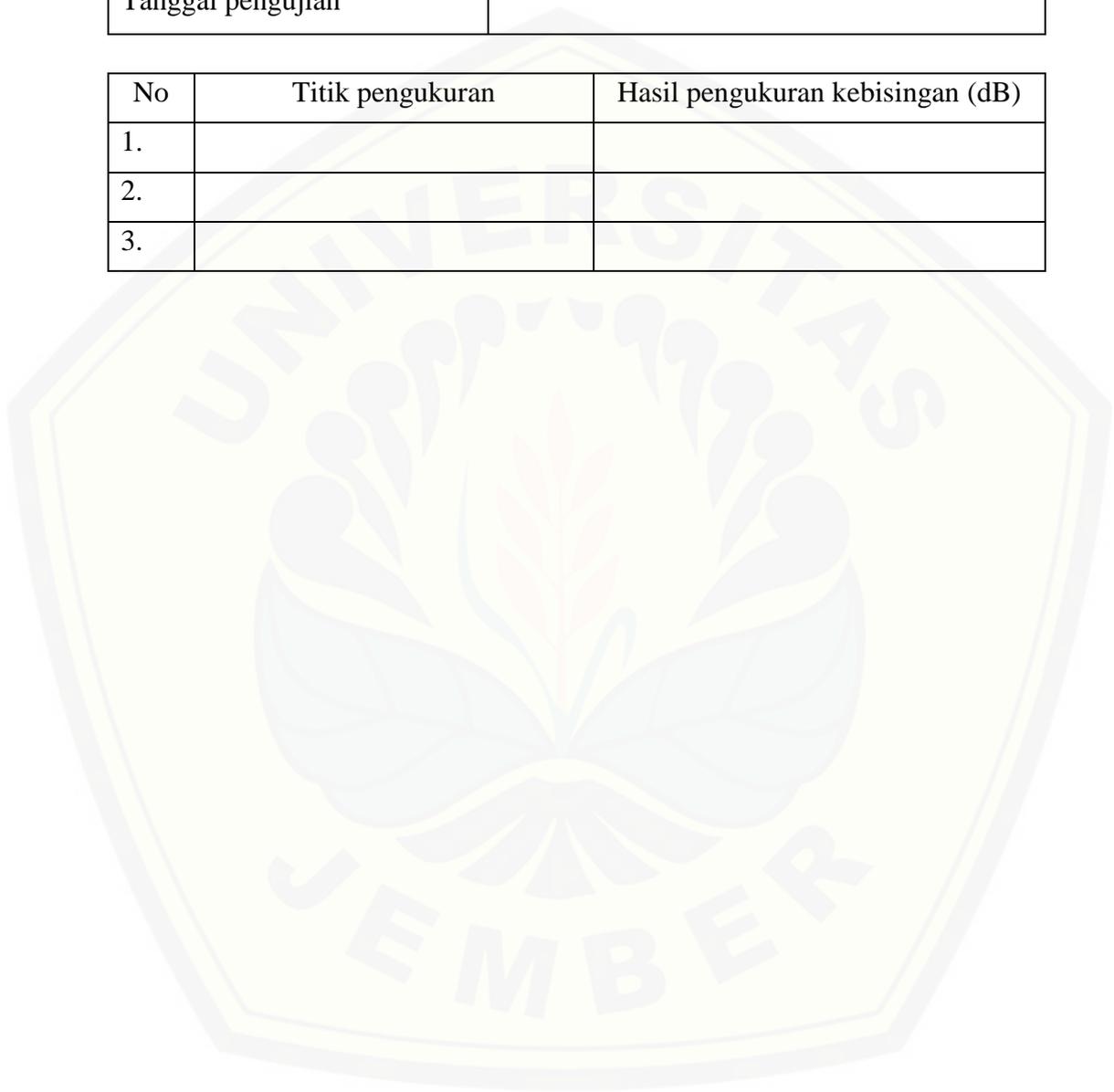
Klasifikasi Kelelahan Kerja

1. Normal : 150,0 s/d 240,0 milidetik
2. Ringan : > 240,0 s/d < 410,0 milidetik
3. Sedang : 410,0 s/d < 580,0 milidetik
4. Berat : \geq 580,0 milidetik

Lampiran E. Lembar Pengukuran Kebisingan (*Sound Level Meter*)

| | |
|---------------------------|--|
| Keterangan pengumpul data | |
| Nama penguji | |
| Tanggal pengujian | |

| No | Titik pengukuran | Hasil pengukuran kebisingan (dB) |
|----|------------------|----------------------------------|
| 1. | | |
| 2. | | |
| 3. | | |



Lampiran F. Lembar Hasil Pengukuran Kadar Benzena di Udara

LEMBAR HASIL PENGUKURAN KADAR BENZENA DI UDARA

| | |
|------------------------------------------|--|
| Keterangan pengumpul data | |
| Nama penguji kadar benzena di udara | |
| Tanggal pengujian kadar benzena di udara | |

Interpretasi Hasil Pengukuran Kadar Benzena di Udara

Kadar benzene di udara di titik pengukuran

 < 0,5 ppm : Sesuai dengan NAB (Nilai Ambang Batas) > 0,5 ppm : Tidak sesuai dengan NAB (Nilai Ambang Batas)

Lampiran G. Lembar Hasil Pengukuran Suhu Dan Kelembaban Udara

LEMBAR HASIL PENGUKURAN SUHU DAN KELEMBABAN UDARA

| | |
|---------------------------|--|
| Keterangan pengumpul data | |
| Nama penguji | |
| Tanggal pengujian | |

Interpretasi Hasil Pengukuran Suhu

- < 18⁰C : Sesuai dengan NAB (Nilai Ambang Batas)
- > 18-30⁰C : Tidak sesuai dengan NAB (Nilai Ambang Batas)
- > 30⁰C : Tidak sesuai dengan NAB (Nilai Ambang Batas)

Interpretasi Hasil Pengukuran Kelembaban Udara

- < 65% : Kelembaban Rendah
- > 65-95% : Kelembaban Normal
- > 95% : Kelembaban Tinggi

Lampiran H. Lembar Rekapitulasi Hasil Pengukuran

| No. | Nama | Umur (tahun) | Masa Kerja (tahun) | Status Gizi | Riwayat Penyakit | Kelelahan Kerja | |
|-----|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------|---------------------|-----------------|---------|
| | | | | | | Sebelum | Setelah |
| 1. | Responden 1 | 25-34 (29) | 6-10 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 2. | Responden 2 | 15-24 (22) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Normal |
| 3. | Responden 3 | >55 (58) | 6-10 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 4. | Responden 4 | 25-34 (29) | > 15 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 5. | Responden 5 | 25-34 (25) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Normal |
| 6. | Responden 6 | 25-34 (25) | 1-5 | Underweight | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 7. | Responden 7 | 15-24 (24) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Normal |
| 8. | Responden 8 | 15-24 (23) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 9. | Responden 9 | 35-44 (37) | > 15 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Sedang |
| 10. | Responden 10 | 15-24 (21) | 1-5 | Underweight | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 11. | Responden 11 | > 55 (57) | > 15 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 12. | Responden 12 | 35-44 (42) | > 15 | Overweight | Tidak Ada | Normal | Normal |

| | | | | | | | |
|-----|-----------------|---------------|------|-------------|--------------|--------|--------|
| 13. | Responden 13 | 15-24 (20) | 1-5 | Underweight | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 14. | Responden 14 | 35-44 (38) | 6-10 | Overweight | Tidak Ada | Normal | Ringan |
| 15. | Responden 15 | 25-34 (33) | 6-10 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Normal |
| 16. | Responden 16 | 25-34 (30) | 1-5 | Overweight | Tidak Ada | Normal | Ringan |
| 17. | Responden 17 | 25-34 (33) | 6-10 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 18. | Responden 18 | 15-24 (22) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Normal | Ringan |
| 19. | Responden 19 | 35-44 (37) | 6-10 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 20. | Responden 20 | 15-24 (22) | 6-10 | Underweight | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 21. | Responden 21 | 25-34 (27) | 6-10 | Underweight | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 22. | Responden 22 | 15-24 (22) | 6-10 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 23. | Responden 23 | 25-34 (26) | 1-5 | Overweight | Tidak Ada | Ringan | Normal |
| 24. | Responden 24 | 15-24 (20) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 25. | Responden 25 | 15-24 (23) | 1-5 | Overweight | Tidak Ada | Ringan | Ringan |
| 26. | Responden 26 | 15-24 (19) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 27. | Responden 27 | 15-24 (24) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |

| | | | | | | | |
|-----|-----------------|---------------|-------|--------|--------------|--------|--------|
| 28. | Responden 28 | 15-24 (20) | 1-5 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |
| 29. | Responden 29 | 25-34 (31) | 11-15 | Normal | Tidak Ada | Ringan | Normal |
| 30. | Responden 30 | 25-34 (35) | 11-15 | Normal | Tidak Ada | Normal | Normal |



Lampiran I. Ijin Penelitian Dari Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
Jalan Kalimantan 37 Kampus Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
Telepon (0331) 337878, 322995, 322996, 331743 Faksimile (0331) 322995
Laman : www.fkm.unej.ac.id

Nomor : 3008 / UN25.1.12 / SP / 2017

19 JUN 2017

Lampiran : Satu bendel

Hal : Permohonan Ijin Penelitian

Yth. Pimpinan Bengkel AHASS Gono Motor

Kabupaten Jember

Jember

Dalam rangka menyelesaikan penyusunan skripsi mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, maka kami mohon dengan hormat ijin bagi mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini, untuk melaksanakan penelitian :

Nama : Agastiya Aldi Rusdiyanto

NIM : 132110101044

Judul penelitian : Analisis Paparan Benzena dengan Kelelahan Kerja pada Mekanik Bengkel AHASS (Studi Kasus di Kecamatan Patrang dan Kecamatan Sumbersari Kabupaten Jember)

Tempat penelitian : Bengkel AHASS Kabupaten Jember

Lama penelitian : Juli – Agustus 2017

Sebagai bahan pertimbangan bersama ini kami lampirkan proposal penelitian.

Atas perhatian dan perkenannya kami sampaikan terima kasih.



Wakil Dekan
Bidang Akademik,

Dr. Farida Wahyu Ningtyias, M.Kes.
NIP 198010092005012002

**Lampiran J. Ijin Permohonan Kerja Sama Dengan Unit Pelaksanaan Teknis
Balai Hiperkes Surabaya**

 KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
Jalan Kalimantan 1/93 Kampus Bumi Tegal Boto Kotak Pos 159 Jember 68121
Telepon (0331) 337878, 322995, 322996, 331743 Faksimile (0331) 322995
Laman : www.fkm.unj.ac.id

Nomor : 3967 / UN25.1.12/SP/2017 23 AUG 2017
Hal : Permohonan Ijin Peminjaman Alat dan Bantuan SDM

Yth. Kepala Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja
Jawa Timur

Dalam rangka menyelesaikan penyusunan skripsi mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Jember, maka kami mohon dengan hormat ijin untuk bantuan SDM dan peminjaman alat bagi mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini :

Nama : Agastiya Aldi Rusdiyanto
NIM : 132110101044
Kegiatan : Permohonan bantuan SDM dan peminjaman alat untuk pengukuran kadar benzena
Tempat Peminjaman Alat : Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja Jawa Timur

Adapun teknis dan ketentuan peminjaman alat beserta bantuan teknisnya kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara.

Atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.


Wakil Dekan
Bidang Akademik,
Dr. Farida Wahyu Ningtyias, M. Kes.
NIP 198010092005012002

Lampiran K. Hasil Pengukuran Kadar Benzene Lingkungan Kerja



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
UNIT PELAKSANA TEKNIS KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
(UPT K3)



Jl. Dukuh Menanggal 122 Telepon 8280440, 8294490, Fax. 8294277 Surabaya 60234
Email : uptk3sby@gmail.com ; hpkkjtm@yahoo.com

LHU ini merupakan hasil pada lokasi dan saat pengukuran
LAPORAN HASIL PENGUJIAN
No. LAB. 082/ VIII /2017.

I Nama Perusahaan : MAHASISWA S1 UNIVERSITAS JEMBER
II Alamat Perusahaan : Jl. Kalimantan No.37 – Jember
III Jenis Pengukuran : Kadar Benzene
IV Tanggal Pengukuran : 30 Agustus 2017
V Metode yang digunakan : GC/FID
VI Hasil Pengukuran :

| No | Lokasi Pengukuran | Jam (WIB) | Kadar Benzene (ppm) | Suhu Kering (°C) | RH % |
|----|---------------------------------|---------------|---------------------|------------------|------|
| 1 | Bengkel Reyrarf | 11.15 – 12.15 | 6,851 | 32,5 | 58,8 |
| 2 | Bengkel Karunia Sejahtera Motor | 11.25 – 12.25 | 0,349 | 32,2 | 59,2 |
| 3 | Bengkel Gono Motor | 11.40 – 12.40 | 6,462 | 35,7 | 57,9 |
| 4 | Bengkel Tjan II | 11.50 – 12.50 | 1,894 | 34,2 | 63,0 |
| 5 | Bengkel MPM Motor | 13.05 – 14.05 | 2,003 | 33,2 | 60,9 |

Catatan :

Nilai Ambang Batas (NAB) Kadar Benzene menurut Permenakertrans No. 13/MEN/X/2011 sebesar 0,5 ppm.

Mengetahui,
Kepala UPT K3 SURABAYA
KEPALA SEKSI PELAYANAN TEKNIS
PURWANELUTAMLSH.,M.Si
NIP. 19700321 199603 2 002

Surabaya, 28 September 2017
DEPUTY MANAJER TEKNIK

SRI WIDODO,M.Kes
NIP. 19630111 198803 1 012

Lampiran L. Tabulasi Silang SPSS

Case Processing Summary

| | Cases | | | | | |
|------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | Valid | | Missing | | Total | |
| | N | Percent | N | Percent | N | Percent |
| Usia * KKSesudah | 30 | 100.0% | 0 | 0.0% | 30 | 100.0% |

Usia * KKSesudah Crosstabulation

| | | | KKSesudah | | | Total |
|-------|-------|---------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | Normal | Ringan | Sedang | |
| Usia | 15-24 | Count | 7 | 6 | 0 | 13 |
| | | % within Usia | 53.8% | 46.2% | 0.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 23.3% | 20.0% | 0.0% | 43.3% |
| 25-34 | Count | Count | 6 | 4 | 0 | 10 |
| | | % within Usia | 60.0% | 40.0% | 0.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 20.0% | 13.3% | 0.0% | 33.3% |
| 35-44 | Count | Count | 3 | 1 | 1 | 5 |
| | | % within Usia | 60.0% | 20.0% | 20.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 10.0% | 3.3% | 3.3% | 16.7% |
| >55 | Count | Count | 0 | 2 | 0 | 2 |
| | | % within Usia | 0.0% | 100.0% | 0.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 0.0% | 6.7% | 0.0% | 6.7% |
| Total | Count | Count | 16 | 13 | 1 | 30 |
| | | % within Usia | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |
| | | % of Total | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |

Case Processing Summary

| | Cases | | | | | |
|-----------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | Valid | | Missing | | Total | |
| | N | Percent | N | Percent | N | Percent |
| MasaKerja * KKSesudah | 30 | 100.0% | 0 | 0.0% | 30 | 100.0% |

MasaKerja * KKSesudah Crosstabulation

| | | | KKSesudah | | | Total |
|---------------|--------------------|--|-----------|--------|--------|--------|
| | | | Normal | Ringan | Sedang | |
| MasaKerja 1-5 | Count | | 11 | 6 | 0 | 17 |
| | % within MasaKerja | | 64.7% | 35.3% | 0.0% | 100.0% |
| | % of Total | | 36.7% | 20.0% | 0.0% | 56.7% |
| 6-10 | Count | | 2 | 5 | 0 | 7 |
| | % within MasaKerja | | 28.6% | 71.4% | 0.0% | 100.0% |
| | % of Total | | 6.7% | 16.7% | 0.0% | 23.3% |
| 11-15 | Count | | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | % within MasaKerja | | 100.0% | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| | % of Total | | 6.7% | 0.0% | 0.0% | 6.7% |
| > 15 | Count | | 1 | 2 | 1 | 4 |
| | % within MasaKerja | | 25.0% | 50.0% | 25.0% | 100.0% |
| | % of Total | | 3.3% | 6.7% | 3.3% | 13.3% |
| Total | Count | | 16 | 13 | 1 | 30 |
| | % within MasaKerja | | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |
| | % of Total | | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |

Case Processing Summary

| | Cases | | | | | |
|------------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | Valid | | Missing | | Total | |
| | N | Percent | N | Percent | N | Percent |
| StatusGizi * KKSesudah | 30 | 100.0% | 0 | 0.0% | 30 | 100.0% |

StatusGizi * KKSesudah Crosstabulation

| | | | KKSesudah | | | Total |
|------------------------|---------------------|--|-----------|--------|--------|--------|
| | | | Normal | Ringan | Sedang | |
| StatusGizi Underweight | Count | | 2 | 3 | 0 | 5 |
| | % within StatusGizi | | 40.0% | 60.0% | 0.0% | 100.0% |
| | % of Total | | 6.7% | 10.0% | 0.0% | 16.7% |
| Normal | Count | | 11 | 7 | 1 | 19 |
| | % within StatusGizi | | 57.9% | 36.8% | 5.3% | 100.0% |
| | % of Total | | 36.7% | 23.3% | 3.3% | 63.3% |
| Overweight | Count | | 3 | 3 | 0 | 6 |

| | | | | | |
|-------|---------------------|-------|-------|------|--------|
| | % within StatusGizi | 50.0% | 50.0% | 0.0% | 100.0% |
| | % of Total | 10.0% | 10.0% | 0.0% | 20.0% |
| Total | Count | 16 | 13 | 1 | 30 |
| | % within StatusGizi | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |
| | % of Total | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |

Case Processing Summary

| | Cases | | | | | |
|------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | Valid | | Missing | | Total | |
| | N | Percent | N | Percent | N | Percent |
| Suhu * KKSesudah | 30 | 96.8% | 1 | 3.2% | 31 | 100.0% |

Suhu * KKSesudah Crosstabulation

| | | | KKSesudah | | | Total |
|--------|--------|---------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | Normal | Ringan | Sedang | |
| Suhu | Normal | Count | 11 | 6 | 0 | 17 |
| | | % within Suhu | 64.7% | 35.3% | 0.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 36.7% | 20.0% | 0.0% | 56.7% |
| Tinggi | | Count | 5 | 7 | 1 | 13 |
| | | % within Suhu | 38.5% | 53.8% | 7.7% | 100.0% |
| | | % of Total | 16.7% | 23.3% | 3.3% | 43.3% |
| Total | | Count | 16 | 13 | 1 | 30 |
| | | % within Suhu | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |
| | | % of Total | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% |

Case Processing Summary

| | Cases | | | | | |
|------------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | Valid | | Missing | | Total | |
| | N | Percent | N | Percent | N | Percent |
| Kelembaban * KKSesudah | 30 | 100.0% | 0 | 0.0% | 30 | 100.0% |

Kelembaban * KKSesudah Crosstabulation

| | | | KKSesudah | | | Total |
|------------|---------------------|---------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | Normal | Ringan | Sedang | |
| Kelembaban | Rendah | Count | 2 | 4 | 0 | 6 |
| | | % within Kelembaban | 33.3% | 66.7% | 0.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 6.7% | 13.3% | 0.0% | 20.0% |
| | Normal | Count | 14 | 9 | 1 | 24 |
| | | % within Kelembaban | 58.3% | 37.5% | 4.2% | 100.0% |
| | | % of Total | 46.7% | 30.0% | 3.3% | 80.0% |
| Total | Count | 16 | 13 | 1 | 30 | |
| | % within Kelembaban | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% | |
| | % of Total | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% | |

Case Processing Summary

| | Cases | | | | | |
|-----------------------------|-------|---------|---------|---------|-------|---------|
| | Valid | | Missing | | Total | |
| | N | Percent | N | Percent | N | Percent |
| KadarBenzena * KKSesudah | 30 | 96.8% | 1 | 3.2% | 31 | 100.0% |

KadarBenzena * KKSesudah Crosstabulation

| | | | KKSesudah | | | Total |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------|--------|--------|--------|
| | | | Normal | Ringan | Sedang | |
| KadarBenzena | < 0,5 ppm | Count | 5 | 0 | 0 | 5 |
| | | % within KadarBenzena | 100.0% | 0.0% | 0.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 16.7% | 0.0% | 0.0% | 16.7% |
| | > 0,5 ppm | Count | 11 | 13 | 1 | 25 |
| | | % within KadarBenzena | 44.0% | 52.0% | 4.0% | 100.0% |
| | | % of Total | 36.7% | 43.3% | 3.3% | 83.3% |
| Total | Count | 16 | 13 | 1 | 30 | |
| | % within KadarBenzena | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% | |
| | % of Total | 53.3% | 43.3% | 3.3% | 100.0% | |

Lampiran L. Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Pengukuran berat badan



Gambar 2. Pengukuran tinggi badan



Gambar 3. Pengukuran kebisingan



Gambar 4. Pengukuran suhu dan kelembaban udara



Gambar 5. Pengukuran kelelahan kerja



Gambar 6. Proses wawancara kepada responden



Gambar 7. Persiapan alat untuk mengukur kadar benzena



Gambar 8. Proses pengukuran kadar benzena lingkungan kerja



Gambar 9. Proses pembersihan mesin sepeda motor dengan bensin



Gambar 10. Aktivitas operasional bengkel