

## DAFTAR ISI

|                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------|
| PEDOMAN PENGGUNAAN TESIS.....                                     | ii    |
| UCAPAN TERIMA KASIH.....                                          | iii   |
| DEDIKASI.....                                                     | iv    |
| DAFTAR ISI.....                                                   | v     |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                              | viii  |
| DAFTAR GAMBAR.....                                                | x     |
| DAFTAR TABEL.....                                                 | xii   |
| ABSTRACT.....                                                     | xv    |
| BAB I Pendahuluan.....                                            | I-1   |
| I.1 Latar Belakang.....                                           | I-1   |
| I.2 Rumusan Masalah.....                                          | I-6   |
| I.3 Tujuan Penelitian.....                                        | I-6   |
| I.4 Manfaat Penelitian.....                                       | I-6   |
| I.5 Sistematika Tesis.....                                        | I-7   |
| BAB II Tinjauan Pustaka.....                                      | II-1  |
| II.1 Pakaian Fungsional.....                                      | II-1  |
| II.1.1 Pakaian Pelindung.....                                     | II-4  |
| II.1.2 Pakaian Pelindung Pengendara Motor.....                    | II-6  |
| II.2 Gaya Benturan Pada Kasus Objek Jatuh Bebas.....              | II-9  |
| II.2.1 Konsep Kekekalan Energi Dalam Kasus Objek Jatuh Bebas..... | II-9  |
| II.3 Pelindung benturan.....                                      | II-17 |
| II.3.1 Macam macam pelindung benturan.....                        | II-17 |
| II.3.2 Shear Thickening Fluid.....                                | II-19 |
| II.3.3 Material Foam D3O Sebagai Material Peredam Benturan.....   | II-21 |

|                                                                                                           |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| II.4 Kenyamanan .....                                                                                     | II-22 |
| II.4.1 Kenyamanan Termofisiologi .....                                                                    | II-23 |
| II.4.2 kenyamanan Termal .....                                                                            | II-25 |
| II.4.1 Konduktifitas Termal Sebuah Material .....                                                         | II-25 |
| BAB III Metode Penelitian .....                                                                           | III-1 |
| III.1 Metode Penelitian .....                                                                             | III-1 |
| III.2 Alat dan Material .....                                                                             | III-4 |
| III.3 Metode Uji .....                                                                                    | III-5 |
| III.3.1 Karakterisasi Sifat Peredam Benturan .....                                                        | III-5 |
| III.3.2 Karakterisasi Sifat Ketahanan Termal Material .....                                               | III-7 |
| BAB IV Hasil dan Pembahasan .....                                                                         | IV-1  |
| IV.1 Hasil .....                                                                                          | IV-1  |
| IV.1.1 Hasil Pengujian Benturan Tanpa Material Pelindung .....                                            | IV-1  |
| IV.1.2 Hasil Pengujian Benturan Dengan Material Pelindung D3O .....                                       | IV-2  |
| IV.1.3 Hasil Pengujian Benturan Dengan Material Pelindung Poliuretan <i>Low Density</i> .....             | IV-3  |
| IV.1.4 Hasil Pengujian Benturan Dengan Material Pelindung Poliuretan <i>High Density</i> .....            | IV-4  |
| IV.1.5 Hasil Peredaman Energi Benturan Material Pelindung D3O .....                                       | IV-5  |
| IV.1.6 Hasil Peredaman Energi Benturan Material Pelindung Poliuretan <i>Low Density</i> .....             | IV-6  |
| IV.1.7 Hasil Peredaman Energi Benturan Material Pelindung Poliuretan <i>High Density</i> .....            | IV-7  |
| IV.1.8 Hasil Pengujian Sifat Ketahanan Termal Material D3O .....                                          | IV-8  |
| IV.1.9 Hasil Pengujian Sifat Ketahanan Termal Poliuretan <i>Low Density</i> dan <i>High Density</i> ..... | IV-9  |
| IV.2 Pembahasan .....                                                                                     | IV-9  |

|                                                                                                                                                        |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| IV.2.1 Pengaruh Ketinggian Jatuh Beban Terhadap Gaya Benturan .....                                                                                    | IV-9  |
| IV.2.2 Pengaruh Ketebalan Material Pelindung Terhadap Sifat Peredam<br>Benturan.....                                                                   | IV-10 |
| IV.2.3 Pengaruh Ketebalan Material Pelindung Terhadap Sifat Konduktifitas<br>Termal.....                                                               | IV-12 |
| IV.2.4 Perbandingan Sifat Peredam Benturan dan Konduktifitas Termal<br>Material D3O Dengan Poliuretan <i>Low Density</i> dan <i>High Density</i> ..... | IV-14 |
| BAB V Kesimpulan dan Saran .....                                                                                                                       | V-1   |
| V.1 Kesimpulan.....                                                                                                                                    | V-1   |
| V.2 Saran.....                                                                                                                                         | V-1   |



## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran A. 1 Data Pengujian Benturan Tanpa Material Pelindung ( <i>Initial Force</i> ) .....                                                        | A-1 |
| Lampiran A. 2 Data Pengujian Benturan Dengan Material Pelindung D3O ( <i>force transmitted</i> ) .....                                               | A-1 |
| Lampiran A. 3 Data Perhitungan Nilai <i>Percent Transmitted Force</i> Material D3O .....                                                             | A-1 |
| Lampiran A. 4 Data Pehitungan Nilai Peredaman Energi Benturan ( <i>absorbed force</i> ) Material D3O .....                                           | A-2 |
| Lampiran A. 5 Data Perhitungan Persentase Peredaman Energi Benturan ( <i>percent absorbed force</i> ) Material D3O .....                             | A-2 |
| Lampiran A. 6 Data Pengujian Benturan Dengan Material Pelindung <i>Poliuretan Low Desnity</i> ( <i>force transmitted</i> ).....                      | A-1 |
| Lampiran A. 7 Data Perhitungan Nilai <i>Percent Transmitted Force</i> Material <i>Poliuretan Low Density</i> .....                                   | A-2 |
| Lampiran A. 8Data Pengujian Benturan Dengan Material Pelindung <i>Poliuretan High Desnity</i> ( <i>force transmitted</i> ) .....                     | A-2 |
| Lampiran A. 9 Data Perhitungan Nilai <i>Percent Transmitted Force</i> Material <i>Poliuretan High Density</i> .....                                  | A-2 |
| Lampiran A. 10 Data Pehitungan Nilai Peredaman Energi Benturan ( <i>absorbed force</i> ) Material <i>Poliuretan Low Density</i> .....                | A-2 |
| Lampiran A. 11 Data Perhitungan Persentase Peredaman Energi Benturan ( <i>percent absorbed force</i> ) Material <i>Poliuretan Low Density</i> .....  | A-2 |
| Lampiran A. 12 Data Pehitungan Nilai Peredaman Energi Benturan ( <i>absorbed force</i> ) Material <i>Poliuretan High Density</i> .....               | A-2 |
| Lampiran A. 13 Data Perhitungan Persentase Peredaman Energi Benturan ( <i>percent absorbed force</i> ) Material <i>Poliuretan High Density</i> ..... | A-2 |
| Lampiran B. 1 Kalibrasi Metode Pengujian Sifat Konduktifitas Termal.....                                                                             | B-1 |
| Lampiran C. 1 Uji Independen Sample T-test pada gaya benturan.....                                                                                   | C-1 |
| Lampiran C. 2 Uji Anova Satu Faktor Pada ketebalan terhadap peredaman gaya benturan.....                                                             | C-1 |

|                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Lampiran C. 3 Uji Anova Satu Faktor Pada ketebalan terhadap konduktifitas termal..... | C-2 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                                    |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Gambar II. 1</b> zona kategori risiko pada pengendara motor .....                                                                               | II-8   |
| <b>Gambar II. 2</b> Ilustrasi kasus jatuh bebas sebuah benda (PE = <i>potential energy</i> ;<br>KE = <i>kinetic energy</i> ) .....                 | II-10  |
| <b>Gambar II. 3</b> Ilustrasi kemungkinan yang dapat terjadi saat benda membentur<br>permukaan.....                                                | II-10  |
| <b>Gambar II. 4</b> Tingkatan cedera berdasarkan AIS <b>Error! Bookmark not defined.</b>                                                           |        |
| <b>Gambar II. 5</b> Crash modifying manoeuvres .....                                                                                               | II-15  |
| <b>Gambar II. 6</b> Tyre-spoke injury .....                                                                                                        | II-15  |
| <b>Gambar II. 7</b> Topside/highside.....                                                                                                          | II-16  |
| <b>Gambar II. 8</b> Head leading collisions.....                                                                                                   | II-16  |
| <b>Gambar II. 9</b> Fuel tank injuries .....                                                                                                       | II-17  |
| <b>Gambar II. 10</b> direct vertical impact .....                                                                                                  | II-17  |
| <b>Gambar II. 11</b> Perbandingan sifat material Newtonian dan <i>shear thickening fluid</i><br>(Non Newtonian) (Dolez & Mlynarek, 2016).....      | II-20  |
| <b>Gambar II. 12</b> Ilustrasi kondisi steady dan unsteady pada sebuah dinding ....                                                                | II-25  |
| <b>Gambar III. 1</b> Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                 | III-1  |
| <b>Gambar III. 2</b> Material pelindung benturan .....                                                                                             | III-3  |
| <b>Gambar III. 3</b> Alat uji <i>Drop impact Test</i> .....                                                                                        | III-6  |
| <b>Gambar III. 4</b> Skema alat pengukur sifat konduktifitas termal.....                                                                           | III-8  |
| <b>Gambar III. 5</b> Prosedur pengujian sifat konduktifitas termal .....                                                                           | III-9  |
| <b>Gambar III. 6</b> Susunan material pada pengujian sifat konduktifitas termal<br>material pelindung benturan.....                                | III-10 |
| <b>Gambar III. 7</b> Validasi alat uji sifat konduktifitas termal .....                                                                            | III-10 |
| <b>Gambar IV.1</b> Grafik Hasil Pengujian Benturan Tanpa Material Pelindung ( <i>Initial Force</i> ).....                                          | IV-1   |
| <b>Gambar IV.2</b> Grafik hasil pengujian benturan dengan material pelindung<br>( <i>Transmitted Force</i> ) D3O .....                             | IV-2   |
| <b>Gambar IV. 3</b> Grafik hasil pengujian benturan dengan material pelindung<br>( <i>Transmitted Force</i> ) Poliuretan <i>Low Density</i> .....  | IV-3   |
| <b>Gambar IV. 4</b> Grafik hasil pengujian benturan dengan material pelindung<br>( <i>Transmitted Force</i> ) Poliuretan <i>High Density</i> ..... | IV-4   |

|                                                                                                                                                                   |       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Gambar IV. 5</b> Grafik hasil pengujian nilai peredaman gaya benturan ( <i>Absorbed Force</i> ) dengan material pelindung D3O .....                            | IV-5  |
| <b>Gambar IV. 6</b> Grafik hasil pengujian nilai peredaman gaya benturan ( <i>Absorbed Force</i> ) dengan material pelindung Poliuretan <i>low density</i> .....  | IV-6  |
| <b>Gambar IV. 7</b> Grafik hasil pengujian nilai peredaman gaya benturan ( <i>Absorbed Force</i> ) dengan material pelindung Poliuretan <i>high density</i> ..... | IV-7  |
| <b>Gambar IV. 8</b> Grafik hasil pengukuran nilai konduktifitas termal material D3O .....                                                                         | IV-8  |
| <b>Gambar IV. 9</b> Grafik hubungan ketebalan material pelindung D3O dan <i>absorbed force</i> .....                                                              | IV-11 |
| <b>Gambar IV. 10</b> Grafik hubungan ketebalan poliuretan <i>low density</i> dan <i>absorbed force</i> .....                                                      | IV-12 |
| <b>Gambar IV. 11</b> Grafik hubungan ketebalan poliuretan <i>high density</i> dan <i>absorbed force</i> .....                                                     | IV-12 |
| <b>Gambar IV. 12</b> Hubungan ketebalan dan konduktifitas material D3O .....                                                                                      | IV-13 |
| <b>Gambar IV. 13</b> Grafik perbandingan nilai <i>transmitted force</i> material pelindung D3O, poliuretan <i>low density</i> dan <i>high density</i> .....       | IV-15 |
| <b>Gambar IV. 14</b> Poliborodimetilsiloksan.....                                                                                                                 | IV-16 |
| <b>Gambar IV. 15</b> Grafik perbandingan nilai konduktifitas termal material pelindung D3O, poliuretan <i>low density</i> dan <i>high density</i> .....           | IV-17 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                                                |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tabel I. 1</b> Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenisnya Tahun 2015-2019 .....                                                                | I-1   |
| <b>Tabel I. 2</b> Data jumlah kecelakaan dan korban tahun 2015 – 2019 .....                                                                                    | I-2   |
| <b>Tabel I. 3</b> Tingkatan cedera <i>Abbreviated Injury Scale</i> (AIS).....                                                                                  | I-3   |
| <b>Tabel II. 1</b> Enam Kelas Pakaian fungsional.....                                                                                                          | II-3  |
| <b>Tabel II. 2</b> Batas toleransi gaya impact berdasarkan bagian tubuh.....                                                                                   | II-12 |
| <b>Tabel II. 3</b> Gaya impact pada jenis kecelakaan dan bagian tubuh yang berbeda..                                                                           | II-13 |
| <b>Tabel II. 4</b> Jenis Jenis kecelakaan .....                                                                                                                | II-13 |
| <b>Tabel II. 5</b> Mekanisme kecelakaan .....                                                                                                                  | II-14 |
| <b>Tabel III. 1</b> Alat dan Material Penelitian .....                                                                                                         | III-4 |
| <b>Tabel IV.1</b> Data Hasil Pengujian Benturan Tanpa Material Pelindung ( <i>Initial Force</i> ).....                                                         | IV-1  |
| <b>Tabel IV. 2</b> Data hasil pengujian benturan dengan material pelindung ( <i>Transmitted Force</i> ) D3O .....                                              | IV-2  |
| <b>Tabel IV. 3</b> Data hasil pengujian benturan dengan material pelindung Poliuretan ( <i>Transmitted Force</i> ) <i>Low Density</i> .....                    | IV-3  |
| <b>Tabel IV.4</b> Data hasil pengujian benturan dengan material pelindung ( <i>Transmitted Force</i> ) Poliuretan <i>High Density</i> .....                    | IV-4  |
| <b>Tabel IV.5</b> Data hasil pengujian nilai peredaman gaya benturan ( <i>Absorbed Force</i> ) dengan material pelindung D3O .....                             | IV-5  |
| <b>Tabel IV. 6</b> Data hasil pengujian nilai peredaman gaya benturan ( <i>Absorbed Force</i> ) dengan material pelindung poliuretan <i>low density</i> .....  | IV-6  |
| <b>Tabel IV. 7</b> Data hasil pengujian nilai peredaman gaya benturan ( <i>Absorbed Force</i> ) dengan material pelindung poliuretan <i>high density</i> ..... | IV-7  |
| <b>Tabel IV. 8</b> Hasil pengukuran nilai konduktifitas termal material D3O .....                                                                              | IV-8  |
| <b>Tabel IV. 9</b> Hasil pengukuran nilai konduktifitas termal poliuretan <i>low density</i> dan <i>high density</i> .....                                     | IV-9  |
| <b>Tabel IV. 10</b> Nilai Gaya Benturan Teori Dan Eksperimen .....                                                                                             | IV-10 |

|                                                                                                                                                     |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| <b>Tabel IV. 11</b> Perbandingan nilai <i>absorbed force</i> material pelindung D3O,<br>poliuretan <i>low density</i> dan <i>high density</i> ..... | IV-14 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|

