

## DAFTAR ISI

|                                                    |      |
|----------------------------------------------------|------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b>                               | i    |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b>                          | ii   |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b>                          | iii  |
| <b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>                     | iv   |
| <b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>                         | v    |
| <b>KATA PENGANTAR</b>                              | vi   |
| <b>DAFTAR ISI</b>                                  | viii |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b>                               | xi   |
| <b>DAFTAR TABEL</b>                                | xiv  |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN</b>                             | xv   |
| <b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b>                 | xvi  |
| <b>INTISARI</b>                                    | xvii |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>                       |      |
| 1.1 Latar Belakang                                 | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah                                | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah                                | 3    |
| 1.4 Tujuan Perancangan                             | 4    |
| 1.5 Manfaat Perancangan                            | 4    |
| 1.6 Ruang Lingkup Pembahasan                       | 4    |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>                 |      |
| 2.1 Anatomi Sepeda Lipat                           | 6    |
| 2.1.1 Rangka Sepeda Lipat                          | 7    |
| 2.1.1.1 Definisi dan Fungsi Rangka Sepeda Lipat    | 7    |
| 2.1.1.2 Tipe Rangka Sepeda Lipat                   | 7    |
| 2.1.1.3 Material Rangka Sepeda Lipat               | 10   |
| 2.1.2 Garpu Depan                                  | 14   |
| 2.1.2.1 Definisi dan Fungsi Garpu Depan            | 14   |
| 2.1.2.2 Tipe Garpu Depan                           | 14   |
| 2.1.2.3 Material Garpu Depan                       | 16   |
| 2.1.3 Roda Sepeda Lipat                            | 17   |
| 2.1.3.1 Definisi dan Fungsi Roda pada Sepeda Lipat | 17   |
| 2.1.3.2 Tipe Roda Sepeda Lipat                     | 20   |
| 2.1.3.3 Material Roda                              | 24   |
| 2.1.4 Transmisi                                    | 27   |
| 2.1.4.1 Definisi dan Fungsi Transmisi pada Sepeda  | 27   |
| 2.1.4.2 Tipe Transmisi pada Sepeda Lipat           | 27   |
| 2.1.5 Rem                                          | 30   |
| 2.1.5.1 Definisi dan Fungsi Rem Sepeda             | 30   |
| 2.1.5.2 Tipe Pengereman pada Sepeda                | 31   |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.1.6 Kemudi                                   | 33 |
| 2.1.6.1 Definisi dan Fungsi Kemudi pada Sepeda | 33 |
| 2.1.6.2 Tipe Kemudi pada Sepeda                | 35 |
| 2.1.6.3 Material Kemudi Sepeda                 | 35 |
| 2.1.7 Sadel                                    | 35 |
| 2.1.7.1 Definisi dan Fungsi Sadel Sepeda       | 35 |
| 2.1.7.2 Tipe Sadel Sepeda                      | 36 |
| 2.1.8 Lipatan                                  | 36 |
| 2.1.8.1 Definisi dan Fungsi Lipatan            | 36 |
| 2.1.8.2 Tipe Lipatan pada Sepeda Lipat         | 37 |
| 2.2 Geometri Sepeda                            | 39 |
| 2.2.1 Jarak Sumbu Roda                         | 40 |
| 2.2.2 Sudut Poros Kemudi                       | 41 |
| 2.2.3 <i>Fork Offset</i>                       | 41 |
| 2.2.4 <i>Trail</i>                             | 41 |

### **BAB III DASAR TEORI**

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 Syarat Keselamatan Desain Sepeda                           | 43 |
| 3.2 Sifat-sifat Material Penyusun Sepeda                       | 50 |
| 3.2.1 Pengertian Aluminium Paduan                              | 50 |
| 3.2.2 Sifat Aluminium Paduan Tipe 771.0 T6                     | 52 |
| 3.2.3 Proses Pengerjaan Aluminium Paduan Seri 771.0 T6         | 54 |
| 3.2.3.1 Pengelasan                                             | 54 |
| 3.2.3.2 Ekstrusi                                               | 54 |
| 3.2.3.3 Penempaan                                              | 55 |
| 3.3 Metode Elemen Hingga pada Rangka                           | 55 |
| 3.3.1 Pengenalan Metode Elemen Hingga                          | 55 |
| 3.3.2 Persamaan Metode Elemen Hingga pada <i>Planar Frames</i> | 56 |
| 3.3.2.1 Persamaan pada Sistem Koordinat Lokal                  | 57 |
| 3.3.2.2 Persamaan pada Sistem Koordinat Global                 | 60 |
| 3.3.3 Persamaan Metode Elemen Hingga pada <i>Space Frames</i>  | 63 |
| 3.3.3.1 Persamaan pada Sistem Koordinat Lokal                  | 63 |
| 3.3.3.2 Persamaan pada Sistem Koordinat Global                 | 66 |

### **BAB IV METODOLOGI PENELITIAN**

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Pengenalan Software AutoDesk Inventor Professional 2010             | 74 |
| 4.2 Studi Perancangan Sepeda Lipat                                      | 75 |
| 4.3 Desain Sepeda Lipat                                                 | 77 |
| 4.4 Studi Parameter Beban dan Konstrain yang Terdapat pada Sepeda Lipat | 78 |
| 4.4.1 Beban yang Bekerja pada Sepeda Lipat                              | 78 |
| 4.4.2 Konstrain yang Terdapat pada Sepeda Lipat                         | 79 |

### **BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Hasil desain Sepeda Lipat                          | 80 |
| 5.2 Analisis Kekuatan dan Keamanan Desain Sepeda Lipat | 96 |

|                                                                                |       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 5.2.1 Analisis Ketika Pengendara Duduk dengan Kedua Kaki Berada di Pedal       | 96    |
| 5.2.2 Analisis Ketika Pengendara Duduk dengan Kedua Kaki Tidak Berada di Pedal | 102   |
| <b>BAB VI PENUTUP</b>                                                          |       |
| 6.1 Kesimpulan                                                                 | 107   |
| 6.2 Saran                                                                      | 107   |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b>                                                          | xviii |
| <b>LAMPIRAN</b>                                                                | xx    |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 1.1 Kepadatan lalu lintas yang semakin meningkat                                                                                    | 2  |
| Gambar 1.2 Sepeda lipat                                                                                                                    | 3  |
| Gambar 2.1 Anatomi sepeda                                                                                                                  | 6  |
| Gambar 2.2 Anatomi sepeda lipat                                                                                                            | 7  |
| Gambar 2.3 Contoh rangka tipe <i>diamond</i>                                                                                               | 8  |
| Gambar 2.4 Contoh sepeda yang menggunakan rangka tipe <i>step-through</i>                                                                  | 8  |
| Gambar 2.5 Contoh sepeda yang menggunakan rangka tipe <i>cross</i>                                                                         | 9  |
| Gambar 2.6 Contoh sepeda lipat yang menggunakan rangka tipe <i>step-through</i> dan sepeda lipat yang menggunakan rangka tipe <i>cross</i> | 10 |
| Gambar 2.7 Contoh sepeda lipat yang menggunakan rangka <i>custom</i> (batang tunggal)                                                      | 10 |
| Gambar 2.8 Sepeda dengan rangka aluminium non pipa                                                                                         | 11 |
| Gambar 2.9 Sepeda dengan rangka titanium terlihat lebih elegan                                                                             | 13 |
| Gambar 2.10 Garpu depan dengan suspensi                                                                                                    | 15 |
| Gambar 2.11 Garpu depan rigid                                                                                                              | 16 |
| Gambar 2.12 Anatomi garpu depan                                                                                                            | 17 |
| Gambar 2.13 Satu set jari-jari sepeda                                                                                                      | 19 |
| Gambar 2.14 <i>Nipples</i> yang berguna untuk mengencangkan jari-jari                                                                      | 19 |
| Gambar 2.15 Prinsip <i>hub</i> pada sepeda sama dengan teromol pada sepeda motor                                                           | 20 |
| Gambar 2.16 Ban tipe <i>clincher</i> adalah ban yang paling sering kita jumpai                                                             | 21 |
| Gambar 2.17 Ban tipe <i>tubular</i> menggunakan lem pada pinngiran <i>velg</i>                                                             | 22 |
| Gambar 2.18 Contoh ban sepeda tipe padat                                                                                                   | 22 |
| Gambar 2.19 Contoh ban sepeda ukuran 12"                                                                                                   | 23 |
| Gambar 2.20 Contoh sepeda lipat yang menggunakan <i>velg</i> tanpa jari-jari                                                               | 24 |
| Gambar 2.21 Anatomi ban sepeda                                                                                                             | 25 |
| Gambar 2.22 <i>Velg</i> tipe <i>cast wheel</i> biasa digunakan pada arena balap                                                            | 27 |
| Gambar 2.23 <i>Internal planetary system</i> pada transmisi tipe <i>hub gear</i>                                                           | 28 |
| Gambar 2.24 Mekanisme pemindah gigi tipe <i>hub gears</i> jika dilihat dari luar                                                           | 29 |
| Gambar 2.25 Sistem <i>derailleur gears</i> paling banyak diterapkan di sepeda saat ini                                                     | 30 |
| Gambar 2.26 Pada sistem <i>rim brakes</i> gesekan yang terjadi antara dinding <i>velg</i> dengan karet rem                                 | 32 |
| Gambar 2.27 Rem tipe cakram adalah salah satu sistem pengereman sepeda modern                                                              | 33 |
| Gambar 2.28 Batang kemudi sepeda                                                                                                           | 34 |
| Gambar 2.29 <i>Stem</i> berfungsi sebagai penghubung antara setang dengan tabung kepala                                                    | 34 |
| Gambar 2.30 Salah satu contoh sadel pada sepeda                                                                                            | 36 |
| Gambar 2.31 Skema proses pelipatan pada sepeda lipat Brompton                                                                              | 38 |

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.32 Sepeda lipat A-bike yang menggunakan tipe lipatan <i>break away</i> dan bentuk sepeda setelah dilipat | 39 |
| Gambar 2.33 Geometri utama pada sepeda                                                                            | 40 |
| Gambar 2.34 Berbagai macam kondisi yang menentukan besar kecilnya <i>trail</i> sepeda                             | 42 |
| Gambar 3.1 Acuan standar yang ditetapkan pemerintah Indonesia mengenai rancangan sepeda                           | 44 |
| Gambar 3.2 Contoh aluminium yang belum mengalami pengerjaan                                                       | 51 |
| Gambar 3.3 Bijih bauksit sebagai sumber utama penghasil aluminium                                                 | 52 |
| Gambar 3.4 Visualisasi deformasi pada saat mobil mengalami kecelakaan melalui analisis elemen hingga              | 56 |
| Gambar 3.5 Elemen <i>planar frame</i> dan derajat kebebasannya                                                    | 57 |
| Gambar 3.6 Transformasi koordinat untuk elemen rangka dua dimensi                                                 | 61 |
| Gambar 3.7 Elemen pada <i>space frame</i> dengan dua belas derajat kebebasan                                      | 63 |
| Gambar 3.8 Transformasi koordinat pada elemen <i>space frame</i>                                                  | 67 |
| Gambar 3.9 Vektor untuk menentukan lokasi dan orientasi tiga dimensi dari elemen <i>space frame</i>               | 70 |
| Gambar 4.1 <i>Cover start up</i> dari AutoDesk Inventor Professional 2010                                         | 74 |
| Gambar 4.2 Sepeda lipat bermotor listrik merk Honda Step Compo                                                    | 75 |
| Gambar 4.3 Honda Step Compo ketika dilipat                                                                        | 76 |
| Gambar 4.4 Contoh lipatan pada sepeda                                                                             | 76 |
| Gambar 5.1 Hasil perancangan sepeda lipat <i>prototype A</i>                                                      | 80 |
| Gambar 5.2 Sepeda lipat <i>prototype A</i> tampak depan                                                           | 81 |
| Gambar 5.3 Sepeda lipat <i>prototype A</i> tampak belakang                                                        | 81 |
| Gambar 5.4 Sepeda lipat <i>prototype A</i> tampak atas                                                            | 81 |
| Gambar 5.5 Sepeda lipat <i>prototype A</i> mode lipat                                                             | 82 |
| Gambar 5.6 Sepeda lipat <i>prototype A</i> mode lipat tampak depan                                                | 82 |
| Gambar 5.7 Sepeda lipat <i>prototype A</i> mode lipat tampak belakang                                             | 82 |
| Gambar 5.8 Sepeda lipat <i>prototype A</i> mode lipat tampak atas                                                 | 83 |
| Gambar 5.9 Hasil perancangan sepeda lipat <i>prototype B</i>                                                      | 84 |
| Gambar 5.10 Sepeda lipat <i>prototype B</i> tampak depan                                                          | 84 |
| Gambar 5.11 Sepeda lipat <i>prototype B</i> tampak belakang                                                       | 85 |
| Gambar 5.12 Sepeda lipat <i>prototype B</i> tampak atas                                                           | 85 |
| Gambar 5.13 Sepeda lipat <i>prototype B</i> mode lipat                                                            | 85 |
| Gambar 5.14 Sepeda lipat <i>prototype B</i> tampak depan                                                          | 86 |
| Gambar 5.15 Sepeda lipat <i>prototype B</i> tampak belakang                                                       | 86 |
| Gambar 5.16 Sepeda lipat <i>prototype B</i> tampak atas                                                           | 86 |
| Gambar 5.17 Hasil perancangan sepeda lipat <i>prototype C</i>                                                     | 87 |
| Gambar 5.18 Sepeda lipat <i>prototype C</i> tampak depan                                                          | 88 |
| Gambar 5.19 Sepeda lipat <i>prototype C</i> tampak belakang                                                       | 88 |
| Gambar 5.20 Sepeda lipat <i>prototype C</i> tampak atas                                                           | 88 |
| Gambar 5.21 Hasil perancangan lengan ayun kanan                                                                   | 89 |
| Gambar 5.22 Lengan ayun kanan tampak dari sisi dalam                                                              | 90 |
| Gambar 5.23 Lengan ayun kanan dalam mode tiga dimensi                                                             | 90 |
| Gambar 5.24 Hasil perancangan lengan ayun kiri                                                                    | 90 |
| Gambar 5.25 Lengan ayun kiri tampak dari sisi dalam                                                               | 91 |

|                                                                                                                                                                         |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 5.26 Lengan ayun kiri dalam mode tiga dimensi                                                                                                                    | 91  |
| Gambar 5.27 Hasil perancangan rangka tengah                                                                                                                             | 91  |
| Gambar 5.28 Rangka tengah tampak dari sisi depan                                                                                                                        | 92  |
| Gambar 5.29 Rangka tengah tampak dari sisi atas                                                                                                                         | 92  |
| Gambar 5.30 Rangka tengah dalam mode tiga dimensi                                                                                                                       | 92  |
| Gambar 5.31 Hasil perancangan garpu depan                                                                                                                               | 93  |
| Gambar 5.32 Garpu depan tampak dari sisi depan                                                                                                                          | 93  |
| Gambar 5.33 Garpu depan tampak dari sisi bawah                                                                                                                          | 93  |
| Gambar 5.34 Hasil perancangan lipatan pada <i>stem</i>                                                                                                                  | 94  |
| Gambar 5.35 Lipatan pada <i>stem</i> tampak dari sisi depan                                                                                                             | 94  |
| Gambar 5.36 Lipatan pada <i>stem</i> dalam mode tiga dimensi                                                                                                            | 94  |
| Gambar 5.37 Hasil perancangan <i>stem</i>                                                                                                                               | 95  |
| Gambar 5.38 <i>Stem</i> tampak dari sisi depan                                                                                                                          | 95  |
| Gambar 5.39 Hasil perancangan setang sepeda                                                                                                                             | 95  |
| Gambar 5.40 Setang sepeda dalam mode tiga dimensi                                                                                                                       | 96  |
| Gambar 5.41 <i>Pin constraint</i> yang terletak pada lubang poros roda depan                                                                                            | 97  |
| Gambar 5.42 <i>Pin constraint</i> yang terletak pada lubang poros roda belakang                                                                                         | 97  |
| Gambar 5.43 Visualisasi distribusi berat pengendara pada setiap kontak dengan komponen sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki berada di pedal       | 98  |
| Gambar 5.44 Visualisasi tegangan yang terjadi pada rangka sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki berada di pedal                                    | 98  |
| Gambar 5.45 Visualisasi <i>displacement</i> yang terjadi pada rangka sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki berada di pedal                         | 99  |
| Gambar 5.46 Visualisasi <i>safety factor</i> yang terjadi pada rangka sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki berada di pedal                        | 100 |
| Gambar 5.47 Visualisasi distribusi berat pengendara pada setiap kontak dengan komponen sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki tidak berada di pedal | 103 |
| Gambar 5.48 Visualisasi tegangan yang terjadi pada rangka sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki tidak berada di pedal                              | 103 |
| Gambar 5.49 Visualisasi <i>displacement</i> yang terjadi pada rangka sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki tidak berada di pedal                   | 104 |
| Gambar 5.50 Visualisasi <i>safety factor</i> yang terjadi pada rangka sepeda lipat dalam kondisi pengendara duduk dan kedua kaki tidak berada di pedal                  | 105 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 3.1 Sifat mekanik aluminium paduan seri 771.0 T6                                                                 | 54  |
| Tabel 5.1 Karakteristik data material yang digunakan dalam proses analisis                                             | 101 |
| Tabel 5.2 Hasil simulasi pembebanan dengan kondisi pengendara duduk<br>dan kedua kaki berada di pedal                  | 102 |
| Tabel 5.3 Karakteristik data material yang digunakan dalam proses analisis                                             | 106 |
| Tabel 5.4 Hasil simulasi pembebanan dengan kondisi pengendara duduk<br>dan kedua kaki pengendara tidak berada di pedal | 106 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| Lampiran 1 Sepeda Lipat Utuh            | xx     |
| Lampiran 2 Sepeda Lipat Utuh            | xxi    |
| Lampiran 3 Rangka Tengah                | xxii   |
| Lampiran 4 Lengan Ayun Kanan            | xxiii  |
| Lampiran 5 Lengan Ayun Kiri             | xxiv   |
| Lampiran 6 Batang Setang                | xxv    |
| Lampiran 7 Garpu Depan                  | xxvi   |
| Lampiran 8 Lipatan                      | xxvii  |
| Lampiran 9 Setang                       | xxviii |
| Lampiran 10 Batang Sadel                | xxix   |
| Lampiran 11 Kunci Setang                | xxx    |
| Lampiran 12 Tambahan Gear               | xxxi   |
| Lampiran 13 Sepeda – Syarat Keselamatan | xxxii  |

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

|                        |                                                                                    |
|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| $R_w$                  | : jari-jari roda sepeda (m)                                                        |
| $A_h$                  | : sudut <i>head</i> sepeda (deg)                                                   |
| $O_f$                  | : <i>fork offset</i> (mm)                                                          |
| $l_e$                  | : panjang elemen (m)                                                               |
|                        | : $2a$                                                                             |
| $\theta_z$             | : rotasi pada bidang $x$ - $y$ pada sumbu $z$                                      |
| $u$                    | : deformasi aksial pada arah $x$                                                   |
| $v$                    | : defleksi pada arah $y$                                                           |
| $d_e$                  | : vector <i>displacement</i> elemen pada koordinat lokal                           |
| $d_1, d_2, \dots, d_n$ | : <i>displacement</i> yang dialami <i>node</i> 1, 2, sampai dengan <i>node</i> $n$ |
| $E$                    | : modulus Young (GPa)                                                              |
| $A$                    | : luas penampang ( $m^2$ )                                                         |
| $I_z$                  | : momen inersia penampang luasan terhadap sumbu $z$                                |
| $I_x$                  | : momen inersia penampang batang terhadap sumbu $x$                                |
| $I_y$                  | : momen inersia penampang batang terhadap sumbu $y$                                |
| $m_e$                  | : matriks massa elemen                                                             |
| $\rho$                 | : massa jenis ( $kg/m^3$ )                                                         |
| $f_x$                  | : gaya eksternal terdistribusi sepanjang sumbu $x$                                 |
| $f_y$                  | : gaya eksternal terdistribusi sepanjang sumbu $y$                                 |
| $f_{sx}$               | : gaya terpusat pada sumbu $x$                                                     |
| $f_{sy}$               | : gaya terpusat pada sumbu $y$                                                     |
| $D_g$                  | : vector <i>displacement</i> pada koordinat global                                 |
| $T$                    | : matriks transformasi untuk elemen rangka                                         |
| $\alpha$               | : sudut antar sumbu $x$ terhadap sumbu $X$                                         |
| $G$                    | : modulus geser                                                                    |
| $J$                    | : momen inersia polar dari penampang batang                                        |
| $K_e$                  | : matriks kekakuan elemen                                                          |
| $F_e$                  | : vector gaya <i>node</i> $i$                                                      |