

PERANCANGAN SPION ELEKTRIK TIPE TANDUK PADA BUS PARIWISATA BERUKURAN BESAR

David Hartanto Yapriono¹⁾, Joni Dewanto²⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2)}
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236, Indonesia^{1,2)}
Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2)}
E-mail : david_kaka24@yahoo.com¹⁾, jdewanto@petra.ac.id²⁾

ABSTRAK

Di era globalisasi sekarang ini transportasi merupakan sesuatu yang sangat penting dalam mendukung aktivitas setiap orang. Beragam transportasi dari yang kecil sampai besar seperti truck dan bus. Kendaraan besar seperti bus dan truck memiliki tingkat kesulitan dalam operasional. Dalam pengoperasionalan kendaraan besar, biasanya dilakukan oleh dua orang dimana satu orang sebagai sopir dan satu orang sebagai pembantu sopir. Tugas pembantu sopir adalah untuk membantu sopir melakukan apa tidak bisa sopir lakukan, salah satunya adalah melihat sisi kendaraan yang tidak tercapai mata atau kaca spion karena kaca spion yang paten.

Dengan kendala tersebut, diperlukan suatu sistem dimana pengemudi dapat menggerakkan spion dari tempat kemudi. Sistem untuk mendukung kebutuhan pengemudi ini adalah spion elektrik, dimana kaca spion dapat digerakan sehingga pengemudi dengan mudah dapat mengatur sudut pandang dan melipat spion saat memasuki tempat yang sempit atau dalam kondisi – kondisi tertentu dimana membutuhkan melipat spion. dengan demikian, selain mempermudah operasional maka tugas pembantu sopir pun berkurang bahkan dapat dihilangkan untuk menekan biaya operasional.

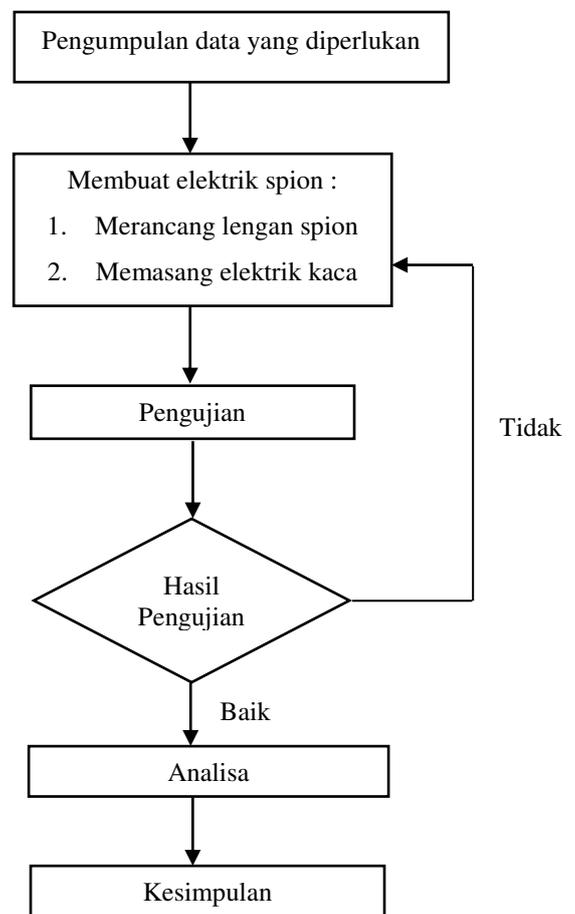
Kata kunci: spion, spion elektrik, bus, truk

1. Pendahuluan

Di era globalisasi seperti sekarang ini, kemajuan teknologi pada bidang otomotif berkembang pesat. Kendaraan-kendaraan didisain agar pengemudi lebih mudah untuk mengoperasikan kendaraan tersebut. Pada kebanyakan bus di Eropa sudah menggunakan spion elektrik sehingga pengemudi bus dengan mudah dapat mengatur spion sesuai dengan keinginan pengemudi. Sedangkan pada kebanyakan bus pariwisata di Indonesia belum menggunakan spion elektrik kecuali pada bus-bus pariwisata keluaran baru atau bus *import*. Spion elektrik pada bus sangat bermanfaat karena untuk mengatur posisi spion sesuai dengan keinginan pengemudi sangat susah karena letak spion yang tinggi dan belum adanya alat bantu untuk mengatur spion sehingga dalam mengatur spion, pengemudi perlu bantuan kernet untuk mengatur spion dan kernet pun membutuhkan tangga ataupun bangku untuk mencapai spion tersebut. Oleh sebab itu, perancangan spion elektrik perlu dibuat agar pengemudi maupun kernet bus tidak kesusahan jika mengatur mirror dan bus dapat diparkir seefisien mungkin

2. Metodologi Perancangan

Metodologi perancangan menjelaskan proses pembuatan spion elektrik dari mencari data hingga selesai.



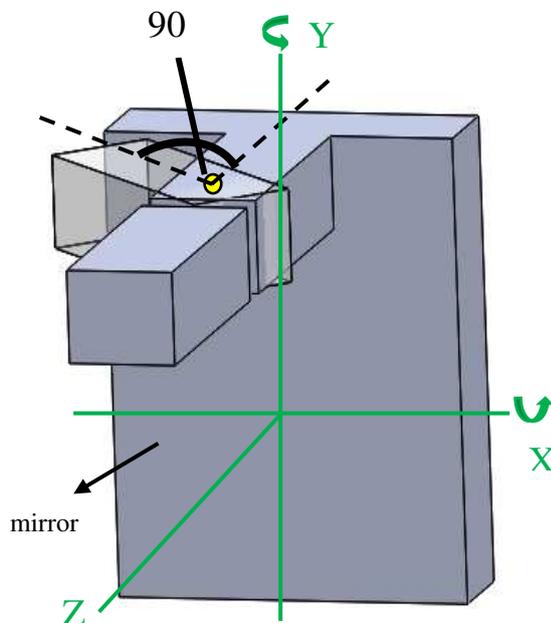
Gambar 1. Flowchart perancangan

3. Pembahasan

3.1 Mekanisme Utama Spion Elektrik

Mekanisme spion elektrik merupakan mekanisme untuk merubah sistem penggerak spion bus yang mulanya manual menjadi elektrik. Mekanisme spion elektrik diterapkan pada spion bus tipe tanduk dengan memodifikasi bagian dari spion tanduk sebenarnya. Modifikasi yang dilakukan yaitu memotong lengan bus. Spion tanduk yang digunakan pada bus memiliki kekurangan yaitu pengaturannya harus dilakukan secara manual, sedangkan untuk mengatur spion pada bus tidak mudah karena letaknya yang tinggi dan belum adanya alat bantu yang memudahkan untuk mengatur spion bus. Oleh sebab itu mekanisme spion elektrik dibuat dengan tujuan agar pengemudi dapat dengan mudah mengatur spion sesuai dengan keinginannya dan pelipatan lengan bertujuan agar pada saat parkir paralel, jarak antar bus dapat dikurangi sehingga lebih efisien tempat parkir.

Mekanisme spion elektrik bertujuan untuk menggerakkan *mirror* dan lengan spion. *Mirror* dirancang agar mampu bergerak dengan sudut 20° ke kanan, kiri, atas, bawah. Pergerakan *mirror* 20° karena dirasa cukup untuk menjangkau pandangan di sekitar kendaraan dan 20° juga merupakan sudut pergerakan elektrik *mirror* yang diterapkan pada mobil. Lengan spion dirancang untuk dapat bergerak dengan sudut 90° ke bagian dalam atau menjadi sejajar dengan kaca depan bus. Jika spion kanan, maka lengan bergerak ke arah kiri terhadap sumbu Y sedangkan jika spion kiri, maka lengan bergerak ke arah kanan terhadap sumbu Y.

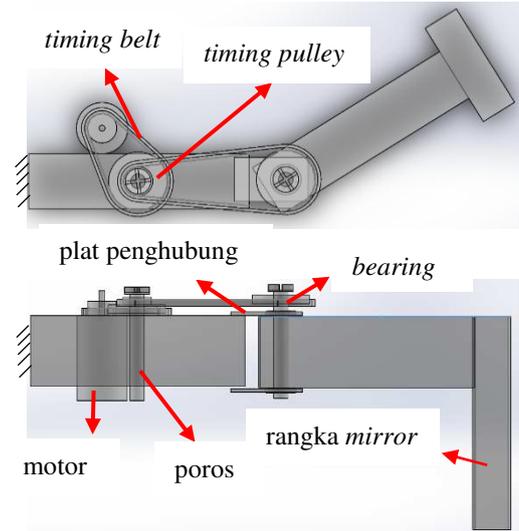


Keterangan :

- : sumbu putar *mirror*
- : pergerakan lengan spion
- : titik putar lengan

Mekanisme Gerak Lengan Spion

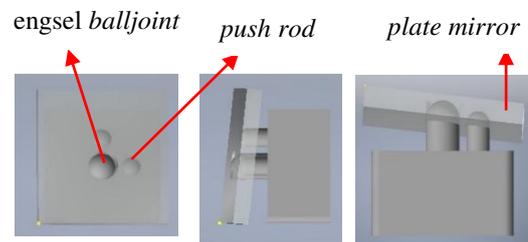
Lengan spion digerakkan 90° ke bagian dalam agar lengan spion menjadi sejajar dengan kaca bus bagian depan. Untuk dapat membuat mekanisme tersebut maka dibutuhkan beberapa komponen yaitu motor, *gear box*, poros, plat penghubung, dan *bearing*. Gambar rancangan mekanisme lengan spion dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Mekanisme Lengan Spion Tampak Atas (atas), Tampak Samping (bawah)

Mekanisme Gerak *Mirror*

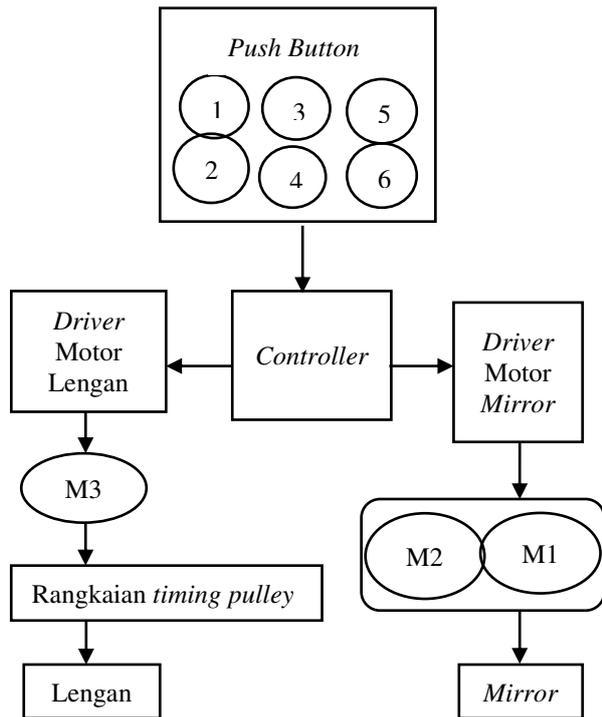
Mirror digerakkan pada sumbu putar Y dan sumbu putar X sebesar 20° ke sumbu positif dan negatif untuk masing-masing sumbu putar X dan Y. Untuk menggerakkan *mirror* dibutuhkan engsel berbentuk *balljoint* agar *mirror* dapat digerakkan ke 2 sumbu dan juga dibutuhkan motor dc sebagai penggerak. Semua kebutuhan tersebut terdapat pada motor elektrik *mirror*. Gambar rancangan mekanisme *mirror* spion dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Rancangan Mekanisme Gerak *Mirror* Tampak Depan (kiri), Tampak Samping (tengah), Tampak Atas (kanan)

3.2 Perencanaan Sistem Pengaturan

Gambar alat yang akan dirancang dapat dilihat pada Gambar 5. di bawah ini.



Gambar 5. Skema Sistem Pengaturan Gerak Spion Elektrik

- 1 Push button untuk menggerakkan mirror ke sumbu X positif
- 2 Push button untuk menggerakkan mirror ke sumbu X negatif
- 3 Push button untuk menggerakkan mirror ke sumbu Y positif
- 4 Push button untuk menggerakkan mirror ke sumbu Y negatif
- 5 Push button untuk menggerakkan lengan spion ke posisi buka
- 6 Push button untuk menggerakkan lengan spion ke posisi tutup

M1:Motor untuk menggerakkan mirror terhadap sumbu X
 M2:Motor untuk menggerakkan mirror terhadap sumbu Y
 M3:Motor untuk menggerakkan lengan spion

Cara kerja alat ini adalah *controller* mendapat tengangan listrik dari aki bus melalui *converter* pada saat mesin bus hidup dan akan terus melakukan pekerjaannya selama mesin bus hidup. Tegangan dari aki harus melalui *converter* karena tegangan dari aki bus 24V, sedangkan *controller* hanya dapat menerima tegangan 6V hingga 20V. *Controller* akan bekerja sesuai program yang telah dimasukkan dalam *memory controller* tersebut. *Controller* akan memberi tegangan listrik kepada *push button*.

Ketika *push button* ditekan, maka rangkaian listrik akan tertutup dan mengirim sinyal ke *controller*. *Controller* akan mengatur jumlah arus yang digunakan untuk menjalankan motor sesuai dengan *push button* yang ditekan dan mengirim sinyal ke *driver* dengan tegangan 12V yang kemudian *driver* mengirim arus ke motor sesuai dengan perintah *controller*.

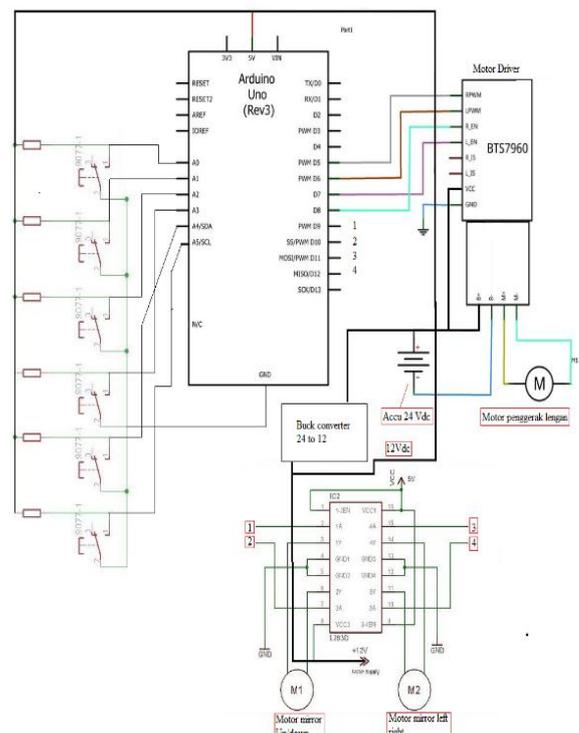
Pada mekanisme gerak lengan spion, motor tidak langsung menggerakkan lengan spion melainkan melalui rangkaian *timing pulley* karena torsi yang dihasilkan motor tidak mencukupi torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan spion dan putaran dari motor terlalu cepat untuk menggerakkan lengan spion. Kemudian *timing pulley* terhubung pada poros yang terletak pada bagian lengan spion yang bergerak dan diberikan *bearing* pada bagian atas dan bawah lengan dimana *bearing* menempel pada plat yang menghubungkan dengan bagian lengan yang diam sebagai penyangga. Jadi ketika motor berkerja, *timing pulley* akan berputar dan poros juga akan ikut berputar sehingga lengan spion juga bergerak.

Mekanisme spion elektrik menggunakan beberapa komponen. Komponen-komponen yang digunakan spion elektrik adalah :

- | | |
|-----------------|---------------------|
| 1. Push button | 6. Timing pulley |
| 2. Converter | 7. Timing Belt |
| 3. Controller | 8. Poros |
| 4. Driver motor | 9. Bearing |
| 5. Motor | 10. Plat penghubung |

3.3 Perancangan Sistem Kelistrikan

Perancangan sistem kelistrikan dari sistem spion elektrik bertujuan untuk ^{Keterangan :} adaptasi kelistrikan bus yang telah ada dengan sistem kelistrikan karena ada penambahan perangkat sistem spion elektrik. Penambahan sistem kelistrikan spion elektrik akan meningkatkan konsumsi arus pada sistem kelistrikan bus, meskipun konsumsi arus ini masih terbilang kecil dibanding dari sistem isi ulang daya yang dihasilkan oleh bus.



Gambar 6. Sistem Kelistrikan Spion Elektrik

Dari Gambar 6. perancangan sistem spion elektrik dapat dijelaskan masing-masing bagian. Sumber energi listrik pada sistem kelistrikan bus menggunakan sumber baterai 24V. Untuk sumber listrik pada *controller* arduino dan motor *driver mirror* membutuhkan sumber daya 12V, untuk keperluan ini maka perlu dibutuhkan suatu rangkaian penurun tegangan yang akan menurunkan tegangan listrik 24V menjadi 12V. Sistem penurun tegangan ini menggunakan sistem *dc to dc converter* pada *mode buck converter*. Pada blok motor *driver* penggerak lengan sumber daya langsung dihubungkan ke sumber ACCU 24V karena *driver* BTS7960 mampu bekerja hingga tegangan 27V.

Sistem kerja sistem kelistrikan berdasarkan Gambar 6. dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tombol bekerja dalam *mode* aktif *LOW*, dimana saat tidak terjadi penekanan tombol maka tegangan tombol sebesar 5V atau *HIGH*. Saat tombol ditekan maka terjadi kontak atau hubungan yang mengakibatkan tegangan pada tombol menjadi 0V atau *LOW*.
2. Saat tegangan tombol menjadi *LOW* maka akan memerintahkan *controller* untuk menjalankan suatu perintah. Ada 6 tombol yang dikonfigurasi menjadi 6 fungsi, yaitu : *mirror up*, *mirror down*, *mirror left*, *mirror right*, lengan gerak membuka dan lengan gerak menutup. Masing-masing tombol terhubung ke jalur *input* analog.
3. Tombol 1,2,3,4 akan memerintahkan untuk menjalankan *mirror up*, *mirror down*, *mirror left*, *mirror right*. Tombol 1 hingga 4 terhubung ke pin analog A0,A1,A2,A3. Dimana pin ini dapat digunakan sebagai port analog dan digital. Pin analog adalah pin yang digunakan untuk membaca tegangan 0 - 5V. Untuk penggunaan pembacaan input logika *HIGH* dan *LOW* maka konfigurasi pin A0-A3 dalam konfigurasi sebagai port digital.
4. Tombol 5 dan 6 akan memerintahkan untuk menjalankan gerak lengan membuka dan menutup.
5. Keluaran dari *controller* dihubungkan ke *Driver* motor seperti terlihat pada Gambar 3.5 di atas. Dari masing-masing hubungan ini dapat dijelaskan seperti pada hubungan motor *Driver* BTS7960 ada 4 pin yang masing-masing mempunyai fungsi yaitu 2 pin untuk mengatur arah putar motor, 1 pin sebagai pengatur *disable* atau *enable* dan 1 sebagai pengatur kecepatan motor. Kecepatan motor diatur dengan memberikan besar PWM yang bernilai dari 0 - 255. Hal ini juga berlaku untuk *driver* motor *mirror* yang terdiri dari 4 pin, dimana 2 pin sebagai direksi motor kanan - kiri dan 2 pin sebagai pengatur kecepatan motor kanan dan kiri.
6. Sumber daya kelistrikan diambil dari sumber baterai 24V, untuk tegangan masukkan *controller* jenis arduino UNO maksimal 20V oleh karena itu perlu penambahan penurun tegangan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan sumber 24V menjadi 12V.

3.4 Pemilihan Tombol Kendali / Push Button

Pemilihan penggunaan *push button* adalah karena harganya yang murah dan mudah didapat serta cukup handal dalam penggunaannya.

Push button pada alat ini terbagi menjadi 2 bagian berdasarkan fungsinya yaitu bagian kendali *mirror* dan bagian kendali lengan spion. Pada bagian kendali *mirror* terdapat 4 tombol yaitu untuk merubah posisi *mirror* ke atas, bawah, kanan, kiri.. Sedangkan tombol bagian lengan ada 2 tombol yaitu untuk membuka dan menutup lengan.



Gambar 7. Push Button

Sumber : <http://mhg-tutor.weebly.com/arsip/category/all>

3.5 Pemilihan Converter

Converter digunakan untuk menurunkan tegangan dari aki bus yang memiliki tegangan 24V ke 12V. Tegangan dari aki harus diturunkan karena *controller* arduino hanya dapat menerima masukan tegangan 6V - 20V. *Converter* yang digunakan adalah LM 2596. LM 2596 merupakan *converter* yang digunakan untuk menurunkan tegangan pada arus searah atau DC (*Direct Current*).



Gambar 8. Converter LM2596

Sumber :

<http://www.aliexpress.com/item/LM2596-DC-Step-Down-Voltage-Converter-Circuit-3-2-40V-to-1-25-37V-Regulator-090467/665473453.html>

3.6 Pemilihan Controller

Controller digunakan sebagai pengontrol dari gerakan yang terjadi. Pada gerakan *mirror*, *controller* mengatur arus yang masuk pada motor elektrik *mirror*. Motor elektrik *mirror* terdiri dari 2 motor namun mampu menghasilkan 4 arah gerak sehingga *controller* bertugas untuk mengatur arah gerakan motor dengan cara membalik arus positif dan negatif yang masuk ke motor serta membuat tombol tidak berfungsi jika tombol dengan 1 motor ditekan secara bersamaan. Sedangkan

pada gerak lengan, *controller* bertugas mengatur arah putaran motor, arus yang masuk pada motor, dan membatasi gerakan lengan agar sesuai dengan rancangan.

Controller yang digunakan adalah arduino UNO. Arduino memiliki banyak jenis yaitu arduino uno, mikro, mega, robot, pro, nano dan lain-lain. Pemilihan arduino ini berdasarkan pin yang terbanyak untuk mendukung komponen-komponen yang digunakan. Selain itu diperlukan koneksi *USB* untuk mempermudah perbaikan dan pemasukan program pada arduino tersebut.

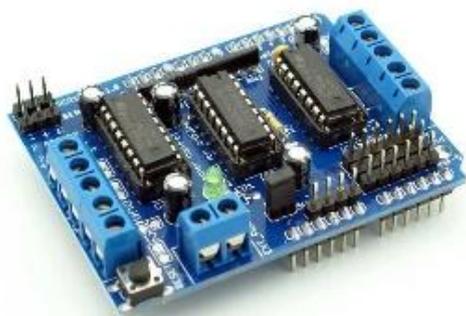
3.7 Pemilihan Driver Motor

Driver motor adalah peningkat arus. Fungsi dari motor *driver* adalah untuk merubah sinyal *control* dengan arus rendah menjadi arus yang lebih tinggi untuk menggerakkan motor. Motor *driver* memiliki berbagai jenis yang dapat dikategorikan dalam suplai tegangan maksimum, arus keluaran maksimum, daya keluaran, tegangan beban jenis kemasan dan jumlah *output*.

Pada perancangan spion elektrik ini menggunakan 2 *driver* motor dan dengan jenis yang berbeda sesuai dengan kebutuhan motor. Untuk motor *mirror* menggunakan *driver* motor L293D dan untuk motor lengan menggunakan *driver* motor BTS7960.

Driver Motor L293D

Beberapa faktor pemilihan *driver* motor L293D karena pertama, *driver* L293D dapat bekerja hingga tegangan 30V dan dipastikan dapat mencukupi kebutuhan motor. Kedua, *driver* L293D merupakan komponen elektronik yang sering digunakan sehingga L293D memiliki harga yang murah dan mudah didapat. Ketiga, *driver* L293D dapat mensuplai arus hingga 2A, sedangkan motor *mirror* hanya membutuhkan arus 0,1 A sehingga untuk penggunaan menjalankan motor *mirror* sudah lebih dari cukup.



Gambar 9. Driver Motor L293D

Sumber :

<http://www.htfelectronics.nl/nl/1293d-motor-drive-shield.html>

Driver Motor BTS7960

Pemilihan *driver* motor BTS7960 karena *driver* tersebut mampu bekerja hingga tegangan 27V, mampu

mengalirkan arus lebih dari 43A, mudah didapat, mudah dalam instalasi, dan *driver* BTS7960 memiliki kemasan atau bentuk yang kecil sehingga mudah dalam pengaturan tempatnya.



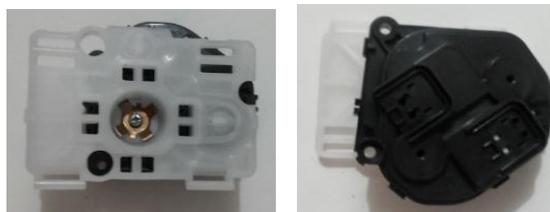
Gambar 10. Driver Motor BTS7960

Sumber:

<http://www.instructables.com/id/Motor-Driver-BTS7960-43A/>

3.8 Pemilihan Motor Penggerak Motor Elektrik Mirror

Penggunaan motor elektrik *mirror* karena motor tersebut memiliki fungsi yang sama dengan yang akan digunakan yaitu untuk menggerakkan *mirror* sehingga mudah dalam pengaturannya dan motor tersebut mampu untuk menggerakkan *mirror* yang lebih besar sehingga cocok untuk digunakan.



Gambar 11. Motor Elektrik Mirror Tampak Depan (kiri) dan Tampak Belakang (kanan)

Motor Penggerak Lengan

Pemilihan motor sebagai penggerak lengan spion berdasarkan pada dimensi, kekuatan motor. Motor yang digunakan pada perancangan ini adalah motor DC merek Matsushita tipe MPG-20A12 yang memiliki spesifikasi yaitu tegangan yang digunakan 24V dan arus maksimal yang dihasilkan 2,4A. Motor ini memiliki dimensi yang relatif kecil sehingga cocok untuk perancangan spion elektrik.



Gambar 12. Motor DC Matsushita MPG-20A12

Sumber : http://2hg.eu/with_24-35v.htm

Lengan spion akan digerakkan sejauh 90° dengan asumsi waktu 4 detik dan untuk menggerakkan lengan spion dibutuhkan gaya sebesar 3,92 N yang didapat dari hasil uji eksperimen dengan jarak poros ke lengan pengujian sebesar 0,25 m. Perhitungan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan spion sebagai berikut

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = \frac{180^\circ}{\pi} = \frac{180^\circ}{3,14} = 57,3^\circ$$

$$90^\circ = \frac{90^\circ}{57,3^\circ} = 1,571 \text{ rad}$$

$$\text{RPM} = \frac{\text{rad}}{\frac{4}{60}} = \frac{1,571}{0,067} = 23,45$$

$$1 \text{ lb/ft} = 1,36 \text{ Nm}$$

$$\tau = F \times L \quad (1)$$

$$\tau = 3,92 \times 0,25$$

$$\tau = 0,98 \text{ Nm} = 0,98 : 1,36 = 0,721 \text{ lb/ft}$$

$$P = \frac{N \times \tau}{5250} = \frac{23,45 \times 0,721}{5250} = \frac{16,91}{5250} = 0,003 \text{ Hp} \quad (2)$$

Motor DC dengan spesifikasi tegangan 24V dan arus 2,4A sehingga daya maksimal yang dihasilkan sebesar berikut

$$1 \text{ Hp} = 745,7 \text{ Watt}$$

$$P = V \times I \quad (3)$$

$$P = 24 \times 2,4$$

$$P = 57,6 \text{ Watt} = 57,6 : 745,7 = 0,078 \text{ Hp}$$

Daya maksimal dari motor lebih besar dari daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan lengan spion sehingga dipastikan motor mencukupi untuk menggerakkan lengan spion.

3.9 Pemilihan Timing Pulley

Torsi dari motor tidak mungkin langsung digunakan karena torsi dari motor kecil dan kecepatan putar tinggi sedangkan torsi yang dibutuhkan besar dengan kecepatan yang rendah, oleh karena itu harus melalui rangkaian roda gigi. Pada disain spion elektrik mengharuskan roda gigi ditempatkan pada posisi horisontal dan memiliki jarak antar roda gigi yang jauh sehingga mengharuskan adanya penerus gaya. Menggunakan roda gigi dan rantai sangat sederhana tetapi penggunaan rantai pada posisi horisontal tidak dianjurkan karena rantai mudah lepas jika digunakan pada posisi horisontal. Sedangkan jika menggunakan pulley dan belt, gaya yang disalurkan melalui belt akan berkurang karena adanya slip antara pulley dan belt. Oleh karena itu dalam perancangan spion elektrik menggunakan timing pulley karena memiliki fungsi yang sama dengan roda gigi tetapi tidak mudah lepas pada posisi horisontal.

3.10 Perancangan Timing Belt

Menentukan Panjang Belt 1 :

Jarak dari poros motor ke poros 1 atau (c) adalah 70 mm. Perhitungan untuk menentukan panjang belt 1 sebagai berikut

$$L1 = 2c + \pi (R1 + R2) + \frac{(R2-R1)^2}{c} \quad (4)$$

$$L1 = 2 \times 70 + 3,14 (8 + 32) + \frac{(32 - 8)^2}{70}$$

$$L1 = 140 + 3,14 (40) + \frac{(24)^2}{70}$$

$$L1 = 140 + 125,6 + \frac{576}{70}$$

$$L1 = 265,6 + 8,3$$

$$L1 = 273,9 \text{ mm}$$

Menentukan Panjang Belt 2 :

Jarak dari poros 1 ke poros 2 atau (c) adalah 120 mm. Perhitungan untuk menentukan panjang belt 1 sebagai berikut

$$L2 = 2c + \pi (R1 + R2) + \frac{(R2-R1)^2}{c} \quad (4)$$

$$L2 = 2 \times 120 + 3,14 (8 + 32) + \frac{(32 - 8)^2}{120}$$

$$L2 = 240 + 3,14 (40) + \frac{(24)^2}{120}$$

$$L2 = 1240 + 125,6 + \frac{576}{120}$$

$$L2 = 365,6 + 4,8$$

$$L2 = 370,4 \text{ mm} \approx 372 \text{ mm}$$

3.11 Perancangan Poros

Menentukan Dimensi Minimum Poros 1

Nilai faktor bentuk poros adalah 1. Nilai shock and fatigue factor adalah 1 dan nilai tegangan geser yang diijinkan dari material baut ASTM A307 adalah 10 ksi yang didapat dari lampiran. Tegangan yang digunakan adalah 24 V dan arus 1,2 A. Sedangkan nilai putaran yang ditransmisikan merupakan putaran pada pulley 3, sehingga diperoleh besaran diameter minimum poros dari perhitungan berikut

$$S_s = 10 \text{ ksi} = 10 : 1000 = 10000 \text{ Psi}$$

$$\frac{N3}{N4} = \frac{D4}{D3}$$

$$\frac{N3}{23,45} = \frac{64}{16}$$

$$16 N3 = 1500,8$$

$$N3 = 1500,8 : 16$$

$$N3 = 93,8$$

$$P = V \cdot I = 2,4V \cdot 1,2 \text{ A} = 28,8 \text{ Watt} = 28,8 :$$

$$745,7 = 0,04 \text{ Hp}$$

$$D = B \sqrt[3]{\frac{321000 \cdot K_t \cdot P}{S_s \cdot N}} \quad (5)$$

$$D = 1 \sqrt[3]{\frac{321000 \cdot 1 \cdot 0,04}{10000 \cdot 93,8}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{12840}{938000}}$$

$$D = \sqrt[3]{0,014}$$

$$D = 0,24 \text{ in} = 0,24 \cdot 25,4 = 6,08 \text{ mm}$$

$$D = 0,24 \text{ in} = 0,24 \cdot 25,4 = 6,08 \text{ mm}$$

$$D = 0,24 \text{ in} = 0,24 \cdot 25,4 = 6,08 \text{ mm}$$

Diameter yang digunakan adalah 8 mm, jadi sudah sangat aman apabila digunakan.

Menentukan Dimensi Minimum Poros 2

Nilai faktor bentuk poros adalah 1. Nilai shock and fatigue factor adalah 1,5 dan nilai tegangan geser yang diijinkan dari material baut ASTM A307 adalah 10

ksi yang didapat dari lampiran. Tegangan yang digunakan adalah 24 V dan arus 1,2 A. Sedangkan nilai putaran yang ditransmisikan merupakan putaran pada pulley 4 yaitu 23,45, sehingga diperoleh besaran diameter minimum poros dari perhitungan berikut

$$S_s = 10 \text{ ksi} = 10 : 1000 = 10000 \text{ Psi}$$

$$P = V \cdot I = 2,4 \text{ V} \cdot 1,2 \text{ A} = 28,8 \text{ Watt} = 28,8 : 745,7 = 0,04 \text{ Hp}$$

$$D = B \sqrt[3]{\frac{321000 \cdot K_t \cdot P}{S_s \cdot N}} \quad (5)$$

$$D = 1 \sqrt[3]{\frac{321000 \cdot 1,5 \cdot 0,04}{10000 \cdot 23,45}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{19260}{234500}}$$

$$D = \sqrt[3]{0,082}$$

$$D = 0,43 \text{ in} = 0,43 \cdot 25,4 = 11,04 \text{ mm}$$

Diameter yang digunakan adalah 12 mm, jadi sudah sangat aman apabila digunakan

3.12 Perancangan Bearing Perancangan Bearing 1

Bearing yang digunakan adalah *single row deep groove ball bearing* dengan diameter dalam sebesar 8 mm. Bagian bearing yang berputar adalah bagian luar dan beban radial pada bearing tidak ada. Besar torsi yang disalurkan pada pulley 4 adalah 0,98 Nm, bearing berputar sebesar putaran pada pulley 3 yaitu 93,8, sehingga dapat diperoleh beban ekuivalen dan umur bearing sebagai berikut

$$\frac{\tau_3}{0,98} = \frac{d_3}{64}$$

$$64 \tau_3 = 15,68$$

$$\tau_3 = 0,245 \text{ Nm}$$

$$\tau_3 = F_3 \cdot L_3$$

$$0,245 = F_3 \cdot 0,008$$

$$F_3 = 30,625 \text{ N}$$

$$\tau_2 = \tau_3 = 0,245 \text{ Nm}$$

$$\tau_2 = F_2 \cdot L$$

$$0,245 = F_2 \cdot 0,032$$

$$F_2 = 7,66 \text{ N}$$

$$F_r = F_3 + F_2 = 30,625 + 7,66 = 38,285 \text{ N}$$

$$1 \text{ lb} = 4,45 \text{ N}$$

$$P = XVF_r + YF_a \quad (6)$$

$$P = 0,56 \cdot 1,2 \cdot 38,285 \text{ N} + 0$$

$$P = 25,73 \text{ N} = 25,73 : 4,45 = 5,78 \text{ lb}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot N} \left(\frac{C}{P}\right)^b \quad (7)$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 93,8} \left(\frac{565}{5,78}\right)^3$$

$$L_h = \frac{10^6}{5628} (97,75)^3$$

$$L_h = 177,68 \times 934032,16$$

$$L_h = 165958833,6 \text{ jam}$$

Perancangan Bearing 2 dan 3

Bearing yang digunakan adalah *single row deep groove ball bearing* dengan diameter dalam sebesar 12 mm. Bagian bearing yang berputar adalah bagian dalam dan beban radial pada bearing tidak ada. Besar torsi yang disalurkan pada pulley 4 adalah 0,98 Nm, bearing berputar sebesar putaran pada pulley 4 yaitu 23,45, sehingga dapat diperoleh beban ekuivalen dan umur bearing sebagai berikut

$$\tau_4 = F_4 \cdot L_4$$

$$0,98 \text{ Nm} = F_4 \cdot 0,032 \text{ m}$$

$$F_4 = 30,625 \text{ N}$$

$$F_r = F_4 = 30,625 \text{ N}$$

$$1 \text{ lb} = 4,45 \text{ N}$$

$$P = XVF_r + YF_a \quad (6)$$

$$P = 0,56 \cdot 1 \cdot 30,625 \text{ N} + 0$$

$$P = 17,15 \text{ N} = 17,15 : 4,45 = 3,85 \text{ lb}$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot N} \left(\frac{C}{P}\right)^b \quad (7)$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 23,45} \left(\frac{1180}{3,85}\right)^3$$

$$L_h = \frac{10^6}{1407} (306,5)^3$$

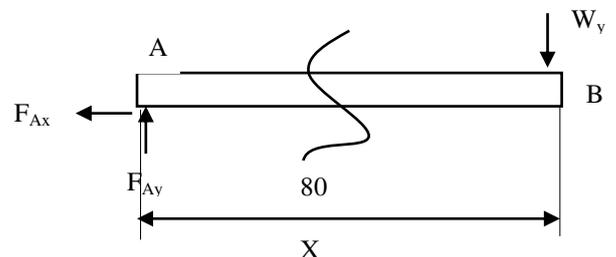
$$L_h = 710,73 \times 28791469,62$$

$$L_h = 20463020340 \text{ jam}$$

3.13 Perancangan Plat Penyangga Perancangan Plat Penghubung

Plat penghubung berfungsi untuk menyangga antara lengan yang diam dan lengan yang bergerak. Plat penyangga dipasang pada bagian atas dan bawah bagian lengan yang terhubung pada bearing dan pada bagian lain dibuat diam. Material yang digunakan untuk plat penyangga adalah *Aluminum alloy 6061 Annealed* yang memiliki tebal 16mm, panjang 80 mm, lebar 30 mm.

Perhitungan untuk menentukan momen bending maksimum dan tegangan bending dimulai dengan membagi plat penyangga menjadi 2 bagian. Beban total dari bagian yang ditahan adalah 4,3 kg, karena plat penyangga ada 2, maka beban yang ditanggung dibagi menjadi 2 yaitu menjadi 2,15 Kg.



Gambar 13. Pembebanan pada Plat Penghubung

$$W_y = m \cdot g$$

$$W_y = 2,15 \text{ kg} \cdot 0,98$$

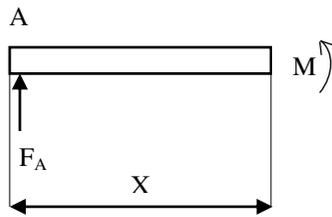
$$W_y = 21,07 \text{ N}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$F_{Ay} - W_y = 0$$

$$F_{Ay} = W_y$$

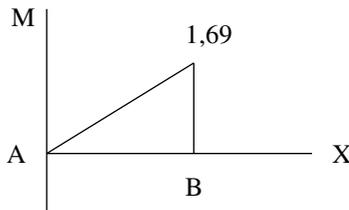
$$F_{Ay} = 21,07 \text{ N}$$



Gambar 14. Momen pada Potongan Plat Penghubung

$$\begin{aligned} + \sum M &= 0 \\ F_{Ay} \cdot X - M &= 0 \\ M &= 21,07 X \text{ Nm} \end{aligned}$$

Pernyataan yang didapat untuk M berlaku di daerah $0 < X < 0,08 \text{ m}$ yaitu $0 < M < 1,69 \text{ Nm}$



Gambar 15 Momen Plat Penghubung terhadap Sumbu X

Perhitungan tegangan bending

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M \cdot C}{I} \quad (8) \\ \sigma &= \frac{1,69 \text{ Nm} \times (\frac{1}{2} \times 0,016 \text{ m})}{\frac{1}{12} \times 0,03 \text{ m} \times (0,016 \text{ m})^3} \\ \sigma &= \frac{1,69 \text{ Nm} \times 0,008 \text{ m}}{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 4,096 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} \\ \sigma &= \frac{13,52 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^2}{10,24 \cdot 10^{-9} \text{ m}^4} \\ \sigma &= 1,32 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \\ \sigma &= 1,32 \cdot 10^6 \text{ Pa} \\ \sigma &= 1,32 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Safety factor yang digunakan adalah 2 dan UTS dari *Aluminum alloy 6061 Annealed* adalah 125 MPa, maka diperoleh perhitungan

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{UTS}{sf} \quad (9) \\ \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{125 \text{ MPa}}{2} \\ \sigma_{\text{ijin}} &= 62,5 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Plat penghubung aman karena tegangan yang dihasilkan lebih kecil dari tegangan yang diijinkan.

Perancangan Plat Penyangga Motor

Material yang digunakan untuk plat penyangga motor adalah *carbon steel* ASTM-A36 yang memiliki tebal 3 mm, panjang 25 mm, lebar 32 mm. Berat dari motor adalah 1,2 kg, karena beban disangga 2 plat maka beban dibagi menjadi 2 yaitu 0,6 kg maka diperoleh perhitungan

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M \cdot C}{I} \quad (8) \\ \sigma &= \frac{(0,6 \times 9,8 \times 0,025) \text{ Nm} \times (\frac{1}{2} \times 0,003 \text{ m})}{\frac{1}{12} \times 0,032 \text{ m} \times (0,003 \text{ m})^3} \\ \sigma &= \frac{0,147 \text{ Nm} \times 0,0015 \text{ m}}{2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \times 4,096 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3} \\ \sigma &= \frac{0,2205 \cdot 10^{-3} \text{ Nm}^2}{7,209 \cdot 10^{-11} \text{ m}^4} \\ \sigma &= 3,1 \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 3,1 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 3,1 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Safety factor yang digunakan adalah 2 dan UTS dari *carbon steel* ASTM-A36 adalah 400 MPa maka diperoleh perhitungan

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{UTS}{sf} \quad (9) \\ \sigma_{\text{ijin}} &= \frac{400 \text{ MPa}}{2} \\ \sigma_{\text{ijin}} &= 200 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Plat penyangga motor aman karena tegangan yang dihasilkan lebih kecil dari tegangan yang diijinkan.

4. Kesimpulan

Perancangan spion elektrik tipe tanduk sudah bekerja dan berfungsi dengan baik namun ada beberapa hasil pengujian yang sedikit berbeda dengan yang dirancang. Pada pergerakan *mirror*, sudut gerak maksimal *mirror* dirancang agar dapat bergerak ke kanan, kiri, atas, bawah sebesar 20° , sedangkan hasil dari pengujian yakni sudut gerak maksimal *mirror* ke arah kiri sebesar 17° dan ke arah kanan sebesar 17° terhadap sumbu Y, serta sudut gerak maksimal *mirror* ke arah atas sebesar 16° dan ke arah bawah sebesar 17° terhadap sumbu X. Pada pergerakan lengan, sudut gerak lengan dirancang 75° agar tidak terbentuk kaca depan bus. Namun pada proses perancangan, penulis dapat mendapat sudut maksimal 90° dan tidak membentur kaca bus ketika menutup. Dari hasil pengujian gerak lengan, waktu gerak lengan spion untuk menutup adalah 4,61 detik dan untuk membuka lengan spion adalah 4,16 detik.

5. Daftar Pustaka

- [1] Deutschman, A. D., Michels, W. J., & Wilson, C. E. (1975). *Machine Design*. New York: Macmillan.
- [2] Future Electronics. (n.d.). *Motor Driver*. Retrieved from <http://www.futureelectronics.com/en/drivers/motor-driver.aspx>
- [3] Morrow, H. W., & Kokernak, R. P. (2004). *Statics and Strength of Materials*. New Jersey: Pearson.
- [4] Mott, R. L. (2004). *Machine Elements in Mechanical Design* (4th ed.). New Jersey: Pearson.
- [5] Oberg, E., Jones, F. D., Horton, H. L., & Ryffel, H. H. (2004). *Machinery's Handbook* (27th ed.). New York: Industrial Press.
- [6] Rohidin, T. (2015, January 5). *POWER WINDOW, CENTRAL DOOR LOCK dan ELEKTRIC MIRROR*. Retrieved from <http://www.viarohidinthea.com/2015/01/power-window-central-door-lock-dan.html>
- [7] Shigley, J. E., Mischke, C. R., & Budynas, R. G. (2000). *Mechanical Engineering Design*. New York: Macmillan.
- [8] Singer, F. L., Pytel, A., & Sebayang, D. (1985). *Kekuatan Bahan*. Jakarta: Erlangga.
- [9] Sudibjo, I. (2015, April 20). *Jenis dan Penggunaan Belt*. Retrieved from <http://www.otopos.net/2015/04/jenis-dan-penggunaan-belt.html>
- [10] Wahyu, D. (2011, February 22). *Jenis Spion Mobil*. Retrieved from [Auto Bild.co.id: http://tips.auto-bild.co.id/read/2011/02/22/3072/54/15/Jenis-Spion-Mobil](http://tips.auto-bild.co.id/read/2011/02/22/3072/54/15/Jenis-Spion-Mobil)