
SISTEM PENGENDALIAN TORSI PADA MOBIL LISTRIK ARUGO

Eko Purwanto Aribowo, S.T.^{1*}, Fenty Pandansari, S.T., M.Eng², Jonathan³, Anggit Listiyantoro⁴, Desmas Imanuel Sutrisno⁵, King Christian Ferdianto⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: eko.purwanto@atmi.ac.id

Abstrak

Mahasiswa Teknik Mekatronika Politeknik ATMI Surakarta telah membuat dan mengembangkan kembali mobil listrik yang dinamakan ARUGO. Kendala yang dihadapi dari mobil listrik ARUGO adalah belum mencapai kecepatan yang optimal dan belum memiliki sistem kendali torsi untuk meningkatkan performa ketika berbelok. Oleh karena itu, dilakukan beberapa perubahan pada mobil listrik ARUGO yaitu pergantian dan modifikasi dari masing-masing motor BLDC dan driver motor BLDC, perubahan sistem kemudi, perakitan ulang aliran kabel, dan penambahan sistem kendali torsi dengan menggunakan Load Cell sebagai sensor pada kemudi dan Arduino sebagai controller untuk pemrosesan dengan pengendali proporsional dan pengaturan distribusi sinyal pada keempat driver motor BLDC. Hasil pengujian dari mobil listrik dengan menggunakan sistem kendali torsi memberikan perolehan kecepatan maksimal 35 km/jam, akselerasi 1,08 m/s², jarak tempuh 54,5 km, konstanta gesek sebesar 0,041 dan sistem kendali yang dapat meningkatkan kecepatan ketika berbelok saat pengujian pada lintasan zig-zag yang juga berpengaruh terhadap nilai radius putar yang lebih kecil ketika berbelok.

Kata kunci: Mobil listrik, Motor BLDC, Arduino, Load Cell, Sistem Kendali Torsi

1. PENDAHULUAN

Keberadaan mobil listrik saat ini tengah berkembang pesat, bahkan peningkatan produksi kendaraan listrik pun kini didukung oleh pemerintah. Dukungan pemerintah terhadap percepatan program kendaraan bermotor listrik dapat dilihat pada Perpres No. 55 tahun 2019. Dalam bidang pendidikan, dukungan terhadap keberadaan mobil listrik terlihat dengan adanya penelitian, pengembangan dan inovasi teknologi.

Program Studi Teknik Mekatronika di Politeknik ATMI Surakarta sebagai bagian dari Institusi pendidikan ikut mendorong mahasiswa untuk berkreaitivitas dan berpartisipasi dalam riset pengembangan mobil listrik. Beberapa spesifikasi yang dijadikan sebagai acuan antara lain yaitu tegangan maksimum baterai sebesar 48 volt, kapasitas total baterai maksimum 2200 kWh, dan daya total motor maksimum sebesar 2000 Watt.

Dalam pengembangan terhadap mobil listrik ARUGO Politeknik ATMI Surakarta, angkatan 51 kelompok sistem pengendali torsi akan melakukan pengembangan yang berpusat pada sistem pengendalian torsi yang berdampak pada penyesuaian torsi roda untuk memvariasikan nilai torsi dan kecepatan mobil listrik saat berbelok yang lebih efektif dan efisien. Dalam mendukung sistem tersebut agar dapat berjalan dengan sesuai, maka juga diperlukan pengembangan pada sistem kemudi, perakitan ulang pada sambungan kabel, dan perbaikan dan modifikasi pada motor BLDC bagian belakang.

2. METODOLOGI

Pada proses penelitian ini dilakukan beberapa hal terkait metode penelitian dan proses penelitian yang dilakukan untuk menunjang pembuatan sistem pengendalian torsi pada mobil listrik ARUGO seperti pencarian data, pembuatan konsep, pembuatan, perakitan, pengujian, dan analisis pada bagian elektrik dan mekanik.

2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini jika dilihat dari jenis data dan analisisnya termasuk dalam metode kuantitatif. Proses penelitian ini menggunakan berbagai literasi mengenai sistem vektor torsi untuk memvariasikan nilai torsi dan

kecepatan pada mobil *All Wheel Drive*. Perangkat yang dibuat juga berdasarkan data yang diperoleh dari literatur-literatur tersebut mengenai sistem vektor torsi. Pada proses analisis juga menggunakan metode kuantitatif dimana pembacaan dari sensor arus dan *Load Cell* akan digunakan sebagai hasil analisa. Pengujian pada sistem kendali juga dilakukan untuk memperoleh pengaruh terhadap angka putaran motor BLDC bagian belakang, kecepatan mobil ketika berbelok, dan *radius* putar dari mobil.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 1. Flowchart Proses Penelitian

2.2.1. Pencarian Data

Pencarian data dari berbagai literasi tentang sistem vektor torsi dan sistem kendali untuk mengatur motor BLDC dilakukan sebagai tahapan awal dari pembuatan sistem pengendalian torsi pada mobil listrik ARUGO.

2.2.2. Pembuatan Konsep

Proses pembuatan/perancangan konsep dari sistem pengendalian torsi dilakukan dengan menentukan berbagai hal yang mempengaruhi sistem kendali torsi yaitu *input*, *feedback*, dan *output*, serta tujuan akhir yang ingin dicapai pada penelitian kali ini. Selain itu, penentuan-penentuan komponen yang akan digunakan juga akan dilakukan pada tahap ini. Komponen yang digunakan antara lain adalah *Arduino UNO* sebagai kontrol utama, *WCS1800* sebagai sensor arus, *Load Cell* sebagai sensor yang digunakan pada sistem kemudi, *buck converter* sebagai penurun nilai tegangan, motor BLDC sebagai aktuator, dan *Driver Motor BLDC* untuk menerima dan memberikan sinyal yang akan mempengaruhi pergerakan dari motor BLDC.

2.2.3. Perencanaan Kerja

Tahap perencanaan kerja merupakan tahap penjadwalan terkait rencana kerja dan pembagian tugas yang akan digunakan selama berjalannya proses penelitian ini. Tahap ini sangatlah penting agar dapat memantau kegiatan yang dilakukan selama proses penelitian agar dapat berjalan dengan sesuai.

2.2.4. Pembuatan dan Perakitan Mekanik

Pada tahap pembuatan dan perakitan mekanik dilakukan beberapa proses seperti pembuatan desain dari sistem kemudi dan modifikasi roda belakang dengan menggunakan *software Solidworks*. Setelah itu dilakukan proses pembuatan dari *part-part* mekanik pada sistem kemudi dan modifikasi roda belakang. Proses terakhir dari tahap ini merupakan penggabungan atau perakitan dari *part-part* mekanik yang telah dibuat pada mobil listrik.

2.2.5. Pengujian dan Analisis Mekanik

Proses pengujian dan analisis mekanik dilakukan untuk menguji kesesuaian dari sistem kemudi dan modifikasi dari roda bagian belakang sebelum memasuki tahap *wiring* komponen elektrik pada mobil listrik.

2.2.6. Wiring Komponen Elektrik

Pada tahap *wiring* komponen elektrik dilakukan pemasangan dan perakitan aliran kabel terhadap komponen-komponen elektrik yang terpasang pada mobil listrik. Setelah itu dilakukan pemrograman terhadap sensor-sensor yang akan digunakan, dan sistem pengendalian torsi pada Arduino.

2.2.7. Pengujian dan Analisis Sistem Elektrik

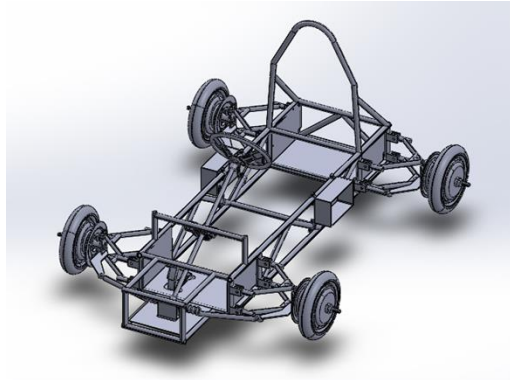
Pengujian dan analisis sistem elektrik dilakukan setelah tahap *wiring* komponen elektrik dan pemrograman sistem pengendalian torsi telah dilakukan. Tahap ini bertujuan untuk memperoleh hasil analisa terkait kesesuaian dari sistem pengendalian torsi, dan pengaruh yang ditimbulkan oleh sistem pengendalian torsi terhadap kecepatan ketika berbelok, angka putaran motor BLDC bagian belakang, dan nilai *radius* putar dari mobil listrik. Jika masih terdapat beberapa *error* maka dapat dilakukan proses *troubleshooting*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

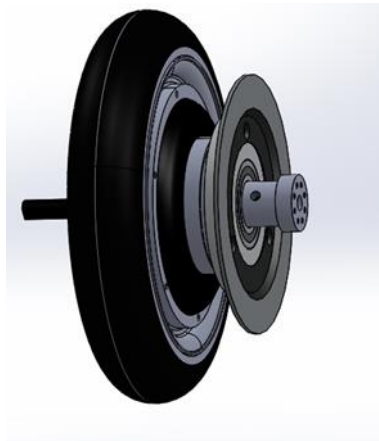
Pada bagian ini dibahas mengenai hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan menjadi beberapa bagian yaitu Bagian Mekanik, Bagian Elektrik, dan Pengujian & Analisis. Berikut merupakan penjelasan dari bagian-bagian tersebut:

3.1. Bagian Mekanik

Pada bagian ini dibahas mengenai bagian mekanik dari mobil listrik ARUGO yang telah dibuat. Bagian-bagian mekanik yang telah dibuat yaitu perubahan dan pergantian pada sistem kemudi dan modifikasi pada roda belakang.



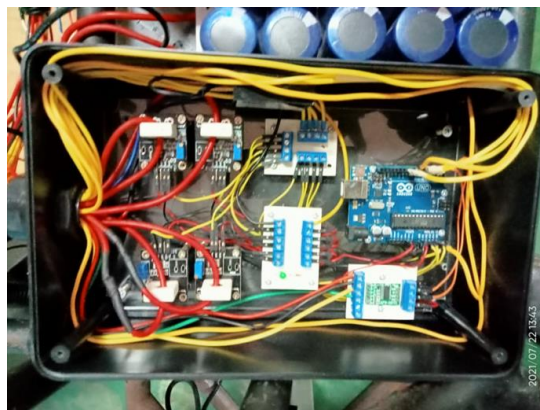
Gambar 2. Mobil Listrik ARUGO



Gambar 3. Modifikasi Roda Belakang

3.2. Bagian Elektrik

Pada bagian ini akan membahas mengenai bagian elektrik yang merupakan *wiring* dari mobil listrik ARUGO. Proses *wiring* dilakukan untuk menghubungkan komponen-komponen elektrik yang ada pada mobil listrik ARUGO seperti sensor arus *WCS1800*, *Load Cell*, driver motor BLDC, *modul HX711*, *buck converter*, dan motor BLDC. Setelah proses *wiring* telah selesai, kemudian dapat dilanjutkan dengan pemrograman sistem pengendalian torsi agar sesudah itu dapat dilakukan tahap pengujian dan analisis.



Gambar 4. Box Control

3.3. Pengujian dan Analisis

Pada bagian ini akan membahas mengenai pengujian dan analisis dari sistem pengendalian torsi pada mobil listrik ARUGO. Aspek yang akan diuji antara lain adalah pengujian sistem pengendalian torsi terhadap angka putaran motor BLDC bagian belakang, kecepatan ketika berbelok pada lintasan *zig-zag*, dan nilai *radius* putar dari mobil listrik. Berikut merupakan penjelasan masing-masing aspek tersebut.

3.3.1. Pengujian Sistem Kendali Terhadap RPM Motor BLDC

Pengujian sistem kendali terhadap RPM motor BLDC bertujuan untuk memberikan penyesuaian pada nilai angka putaran pada motor bagian belakang kiri dan kanan yang dapat mempengaruhi kecepatan dari mobil listrik ketika berbelok ke kiri atau ke kanan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem Kendali Terhadap RPM Motor BLDC Ketika Berbelok Ke Kiri

No.	RPM Motor BLDC Kiri Belakang (rpm)	Rata-rata RPM Motor BLDC Kanan Belakang Kondisi Normal (rpm)	RPM Motor BLDC Kanan Belakang (rpm)	Persentase Perubahan RPM Motor BLDC Kanan Belakang (%)
1	2987	2079,6	1973	-5,12
2	3119	2079,6	2167	4,2
3	3036	2079,6	2247	8,04
4	2956	2079,6	2393	15,07
5	3236	2079,6	2316	11,36
6	3098	2079,6	1930	-7,19
7	3190	2079,6	2081	0,06
8	3012	2079,6	2176	4,63
9	2967	2079,6	2392	15,02
10	3131	2079,6	2075	-0,22

Tabel 2. Hasil Pengujian Sistem Kendali Terhadap RPM Motor BLDC Ketika Berbelok Ke Kanan

No.	Rata-rata RPM Motor BLDC Kiri Belakang Kondisi Normal (rpm)	RPM Motor BLDC Kiri Belakang (rpm)	Persentase Perubahan RPM Motor BLDC Kiri Belakang (%)	RPM Motor BLDC Kanan Belakang (rpm)
1	3184,4	3126	-1,83	1857
2	3184,4	3300	3,63	1940
3	3184,4	2980	-6,41	2134
4	3184,4	3575	12,26	1857
5	3184,4	3285	3,15	1821
6	3184,4	2894	-9,11	1855
7	3184,4	3543	11,26	1891
8	3184,4	3213	0,89	1911
9	3184,4	3613	13,45	1856

Berdasarkan tabel 1 dan 2, hasil pengujian sistem kendali terhadap RPM motor BLDC menunjukkan terjadinya peningkatan nilai RPM ketika kemudi dibelokkan ke kanan dan kemudi dibelokkan ke kiri. Hasil pengujian sistem kendali terhadap RPM motor BLDC apabila dibandingkan dengan RPM Motor BLDC saat kondisi normal menunjukkan bahwa ketika kemudi dibelokkan ke kiri akan diperoleh perubahan persentase pada RPM motor BLDC kanan belakang dengan rentan nilai -7 % hingga 15,07 %. Sedangkan pada saat kemudi dibelokkan ke kanan akan diperoleh perubahan persentase pada RPM motor BLDC kiri belakang dengan rentan nilai -9,11 % hingga 26,46 %. Perolehan nilai persentase negatif disebabkan oleh adanya pengaruh dari osilasi pada motor BLDC ketika berputar, komponen mekanik yang terdapat dalam motor BLDC, dan hasil keluaran dari sistem kendali yang telah dibuat namun belum di tuning.

3.3.2. Pengujian Sistem Kendali Pada Lintasan *Zig-zag*

Pengujian sistem kendali pada lintasan *zig-zag* bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari sistem kendali terhadap penyesuaian kecepatan dan waktu tempuh dari mobil listrik dalam melewati lintasan yang berbelok-belok. Lintasan *zig-zag* yang digunakan terdiri dari 4 buah *cone* yang diatur dengan jarak 2,5 meter antar *cone*.

Tabel 3. Pengujian Pada Lintasan *Zig-zag* Dengan Sistem Kendali

No.	Kecepatan (m/s)	Waktu Tempuh (s)
1	12	11
2	14	9
3	13	10
4	13	10
5	14	11

Tabel 4. Pengujian Pada Lintasan *Zig-zag* Tanpa Sistem Kendali

No.	Kecepatan (m/s)	Waktu Tempuh (s)
1	9	14
2	10	13
3	9	14
4	11	12
5	10	13

Berdasarkan tabel 3 dan 4, hasil pengujian pada lintasan *zig-zag* dengan menggunakan sistem kendali pada mobil listrik menunjukkan bahwa mobil dapat melewati lintasan *zig-zag* dengan menempuh waktu rata-rata selama 10,2 s dan kecepatan rata-rata sebesar 13,2 m/s. Sedangkan untuk hasil pengujian pada lintasan *zig-zag* tanpa menggunakan sistem kendali pada mobil listrik, mobil dapat melewati lintasan *zig-zag* dengan menempuh waktu rata-rata selama 13,2 s dan kecepatan

rata-rata sebesar 9,8 m/s. Perbedaan hasil kecepatan dan waktu tempuh saat pengujian pada lintasan *zig-zag* menunjukkan adanya pengaruh pada mobil listrik ketika bermanuver saat berbelok menjadi lebih cepat.

3.3.3. Pengujian Sistem Kendali Terhadap *Radius* Putar

Pengujian sistem kendali terhadap *radius* putar bertujuan untuk mengetahui pengaruh pada *radius* putar mobil listrik ketika mobil listrik menggunakan sistem kendali dan tanpa menggunakan sistem kendali. Pengujian ini dilakukan dengan mengendarai mobil listrik memutar membentuk lingkaran beberapa kali dengan nilai rata-rata kecepatan yang sama sebesar kurang lebih 12 km/jam.

Tabel 5. Tabel Hasil Pengujian Sistem Kendali Terhadap *Radius* Putar

No.	<i>Radius</i> Putar Dengan Sistem Kendali (cm)	<i>Radius</i> Putar Tanpa Sistem Kendali (cm)
1	225	250
2	228	252
3	225	254
4	225	250
5	223	250

Berdasarkan tabel 5, hasil dari pengujian tersebut menunjukkan adanya perubahan nilai *radius* putar terhadap adanya sistem kendali dan tanpa adanya sistem kendali. *Radius* putar yang didapat ketika menggunakan sistem kendali sebesar 225 cm, sedangkan untuk *radius* putar yang didapat ketika tanpa menggunakan sistem kendali sebesar 250 cm. Perbedaan nilai *radius* putar tersebut menunjukkan adanya pengaruh dari sistem kendali terhadap *radius* putar yang dapat mempengaruhi kecepatan dan waktu tempuh dari mobil listrik ketika berbelok.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa sistem pengendalian torsi yang telah berhasil dibuat dapat memberikan pengaruh pada RPM dari motor BLDC bagian belakang ketika kemudi dibelokkan ke kiri atau ke kanan. Ketika kemudi dibelokkan ke kiri akan terjadi perubahan nilai RPM yang meningkat pada bagian motor BLDC kanan belakang dengan nilai rata-rata RPM sebesar 1.955,7 rpm dan apabila kemudi dibelokkan ke kanan maka akan terjadi perubahan nilai RPM yang meningkat pada bagian motor BLDC kiri belakang dengan nilai rata-rata RPM sebesar 3.315,6 rpm. Perolehan hasil pengujian sistem kendali terhadap RPM motor BLDC yang dibandingkan dengan RPM Motor BLDC saat kondisi normal, menunjukkan bahwa diperoleh perubahan persentase pada motor BLDC kanan belakang dengan rentan nilai -7 % hingga 15,07 % ketika kemudi dibelokkan ke kiri. Sedangkan pada saat kemudi dibelokkan ke kanan akan diperoleh perubahan persentase pada RPM motor BLDC kiri belakang dengan rentan nilai -9,11 % hingga 26,46 %.

Hasil dari pengujian sistem kendali pada lintasan *zig-zag* dapat diperoleh kesimpulan bahwa mobil listrik yang dikendalikan dengan sistem kendali akan memiliki kecepatan dan waktu tempuh yang lebih cepat dibandingkan dengan tanpa menggunakan sistem kendali. Pengujian sistem kendali terhadap *radius* putar juga menunjukkan adanya perbedaan nilai *radius* putar ketika menggunakan sistem kendali dan tanpa menggunakan sistem kendali. *Radius* putar yang diperoleh ketika menggunakan sistem kendali memiliki nilai sebesar 225 cm yang bernilai lebih kecil apabila dibandingkan dengan *radius* putar ketika tanpa menggunakan sistem kendali dengan nilai sebesar 250 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Ibrahim, A. W., Widodo T. W., & Supardi T. W. (2016). Sistem Kontrol Torsi pada Motor DC. IJEIS, Vol.6, No.1, 93-104.
- Yang D., Idegren M., & Jonasson M. (2018). Torque Vectoring Control for Progressive Cornering Performance in AWD Electric Vehicles. AVEC'18.
- Mikle D., & Bat'a M. (2019). Torque Vectoring for an Electrical All-wheel Drive Vehicle. IFAC PapersOnLine 52-27, 163-169.
- Penulis andalanelektro. (2018). Karakteristik Sensor Arus ACS 712. Diakses 22 Oktober 2020, dari : <https://www.andalanelektro.id/2018/11/karakteristik-sensor-suhu-ac-712.html>
- Sukandar. C.A. (2019). Apa Itu Mobil Listrik ?. Diakses 22 Oktober 2020, dari : <https://www.wartaekonomi.co.id/read241106/apa-itu-mobil-listrik>
- Ali Basrah Pulungan , Sukardi , Taslim Ramadhani (2018). Buck Converter Sebagai Regulator Aliran Daya Pada Pengereman Regeneratif. Diakses 22 Maret 2021, dari : [file:///C:/Users/Asus/Downloads/551-1315-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Asus/Downloads/551-1315-1-PB%20(1).pdf)