

PROYEK KENDARAAN LISTRIK BERTENAGA BANTU SEL SURYA (KLBS G-1)

SUB JUDUL

SISTEM KEMUDI ELEKTRIK TIPE ACKERMANN PADA KENDARAAN LISTRIK BERTENAGA BANTU SEL SURYA

Gita Pramana*, EndraPitowarno**

*Mahasiswa **Dosen Pembimbing

Jurusan Teknik Mekatronika

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Abstrak

Teknologi sekarang ini telah berkembang pesat, terutama dibidang otomotif dimana sekarang ini mesin telah tergantikan oleh teknologi *hybrid*. Semakin berkurang sumber bahan bakar minyak menjadi alasan para ahli otomotif untuk menciptakan sebuah kendaraan yang hemat energi dan ramah lingkungan. Dalam studi ini dibahas tentang perancangan dan pembuatan sebuah mobil listrik berteknologi sumber energi sel surya dengan sistem kendali kemudi dengan bantuan *actuator* yang berfungsi untuk memudahkan proses *maneuver* dan menstabilkan kemudi. Sistem kendali kemudi ini menggunakan prinsip *Ackermann steering geometry*, yaitu ketika keadaan mobil berbelok ditikungan roda terluar akan berjalan di radius lebih besar dalam sebuah tikungan daripada roda bagian dalam. Dengan demikian roda bagian luar harus berputar lebih banyak daripada roda bagian dalam agar tidak terjadi slip. Input dari sistem kendali kemudi ini adalah data referensi posisi dari potensio linier yang kemudian diproses oleh kontroler dengan output berupa PWM *actuator*. Hasil yang didapat pada saat *steer* dibelokkan ke kanan dan ke kiri, *actuator* dapat mengikuti (sinkronisasi) terhadap *steer* sehingga *steer* terasa ringan dan stabil sesuai dengan posisi *steer* yang dikemudikan.

Kata kunci: Hybrid, Mobil Listrik, Sel Surya, Ackermann Steering

1. Pendahuluan

Semakin menipisnya sumber energi minyak bumi yang merupakan sumber utama bahan bakar kendaraan bermotor dan polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor tersebut semakin memperburuk kualitas udara di bumi ini. Ditambah lagi deru suara mesin yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor tersebut menambah bising jalanan. Belum lagi biaya perawatan untuk kendaraan bermotor tersebut tidaklah murah. Juga masalah kenyamanan dalam berkendara yang merupakan masalah

utama bagi si pengendara. Maka dari itulah dibutuhkan kendaraan bermotor yang hemat BBM dan rendah emisi gas buang. Dengan ditemukan teknologi seperti sel surya dan generator magnet yang hemat energi dan polusi. Dimana teknologi generator magnet yang relatif baru ini benar-benar hampir tidak memerlukan perawatan dan sumber tenaga lain.

Dalam studi ini dibahas tentang perancangan dan pembuatan sebuah mobil listrik berteknologi sumber energi sel surya dengan sistem kendali kemudi dengan

bantuan *actuator* yang berfungsi untuk memudahkan proses *maneuver* dan menstabilkan kemudi. Sistem kendali kemudi ini menggunakan prinsip *Ackermann steering geometry*, yaitu ketika keadaan mobil berbelok ditikungan roda terluar akan berjalan di radius lebih besar dalam sebuah tikungan daripada roda bagian dalam. Ini adalah teknologi lama namun tetap menjadi acuan hingga saat ini dalam hal *steering* kendaraan. Hal ini tidak lepas dari mudahnya sistem pengendalian *steering* kendaraan, tetap nyaman dan aman dalam kecepatan tinggi, radius belok bisa kecil dan tidak terjadi slip sehingga dapat menghemat penggunaan ban (Odenthal, D., Ackermann, J., 1999). Input dari sistem kendali kemudi ini adalah data referensi posisi dari potensio linier yang kemudian diproses oleh kontroler dengan output berupa PWM *actuator*. Hasil yang didapatkan adalah pada saat mobil listrik dikendarai dan pada saat tikungan, *actuator* pada *steering* dapat membantu meringankan kinerja *steering*.

2. Teori Penunjang

Ackermann Steering

Teknologi ini pertama kali diperkenalkan pada 1758 oleh Erasmus Darwin, ayah dari Charles Darwin, dalam sebuah karya berjudul " *Erasmus Darwin's improved design for steering carriages--and cars* ". Kemudian *ackermann steering geometry*

dipatenkan oleh Rudolph Ackermann pada tahun 1817 di London." *Advantages of Active Steering For Vehicle Dynamics Control* " Odenthal (1999). Ketika mobil berbelok ditikungan, roda terluar akan berjalan di radius lebih besar dalam sebuah tikungan daripada roda bagian dalam (dengan asumsi lebar *track* kurang lebih sama dengan lebar sumbu roda kendaraan). Dengan demikian roda bagian luar harus berputar lebih banyak daripada roda bagian dalam. Ketika dihubungkan sudut antar roda sedemikian rupa hingga tidak terjadi slip, ini sesuai dengan cara kerja *ackermann geometry*. Jika roda dirancang untuk memimpin sudut yang sama, ini disebut *parallel steer*.

Reverse Ackermann adalah ketika sudut roda bagian luar lebih besar dari roda bagian dalam walaupun harus berputar dalam radius yang lebih besar. Untuk yang mendapatkan sudut rata-rata roda, baik sudut roda bagian dalam dan sudut roda bagian luar. Dalam batas-batas validitas model ban kinematik sudut kemudi yang diperlukan dari roda depan bisa dibangun melalui poros sementara yang diberikan titik M, (1.1).

Kendaraan yang bergerak perlahan, hubungan tata letak kemudi biasanya dilakukan sesuai dengan geometri Ackermann. Kemudian, hubungan berikut ini berlaku.

$$\tan \delta_1 = a/R$$

$$\tan \delta_2 = a/R + s$$

Dimana label δ lebar *track* dan a menunjukkan dasar roda. Menghilangkan kurva jari-jari R , sehingga didapatkan

$$\tan \delta_2 = a / [a / \tan \delta_1] + s$$

$$\tan \delta_2 = a \tan \delta_1 / a + s \tan \delta_1$$

Pada rotasi sekitar titik M , arah kecepatan adalah tetap untuk setiap titik kendaraan. Sudut β antara vektor kecepatan v dan sumbu longitudinal kendaraan disebut sudut slip sisi. Slip sisi sudut pada titik P diberikan oleh

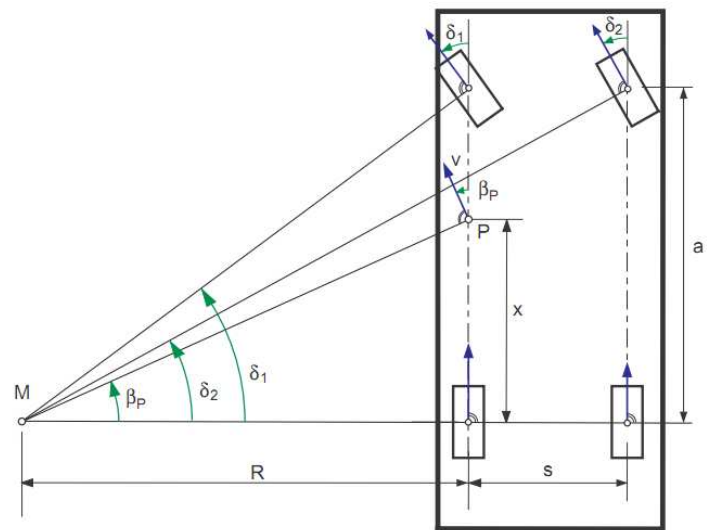
$$\tan \beta_P = x/R$$

$$\tan \beta_P = x \tan \delta_1 / a$$

Ackermann disesuaikan dengan menarik garis lurus sumbu roda bagian dalam dan roda bagian luar hingga bertemu di satu titik. Ackermann sempurna akan tercapai bila garis bergabung dengan *steering axes* dan trek luar titik sumbu bertemu di bagian tengah as belakang. Jika titik bertemu di belakang garis as belakang, Ackermann sempurna tidak tercapai. Jika bertemu di depan garis as belakang, Ackermann digunakan terlalu berlebihan.

Gambar (2.2) *Ackermann steering geometry* dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini.

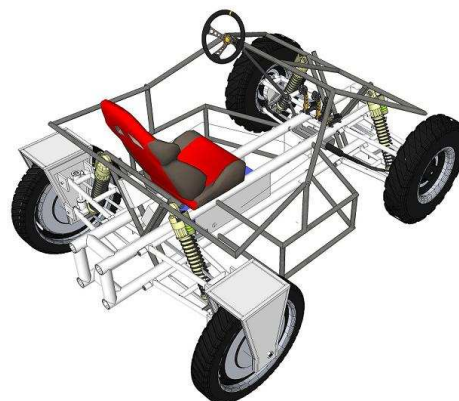
(2.2)

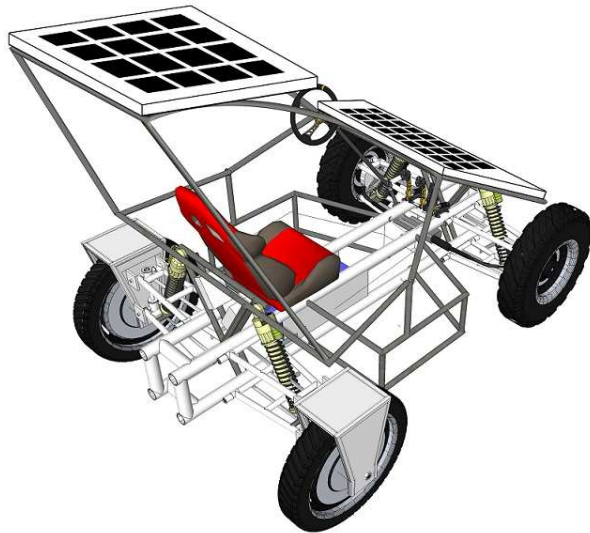


3. Perancangan Sistem

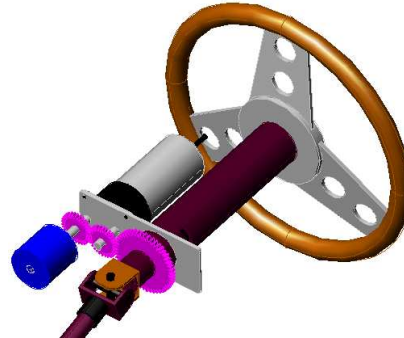
Desain Rangka

Desain mobil menganut model *double wishbone* (2.5) dimana setiap roda ditopang oleh dua lengan ayun dimana setiap sepasang lengan ayun menompang satu suspensi. Desain 3D dari mobil listrik yang direncanakan dapat dilihat pada gambar berikut ini.



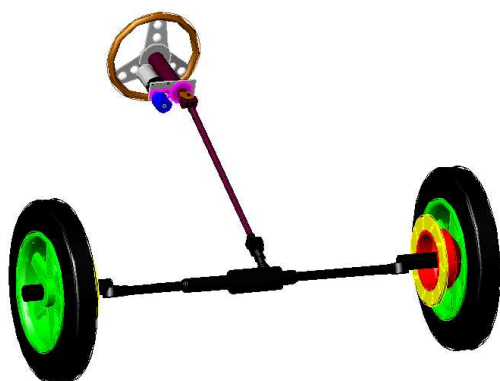


actuator pada *steering*. Desain *rack* dan *pinion* dengan pengembangan *actuator* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Desain Ackermann Steering

Desain *ackermann steering* dalam sistem *double wishbone* untuk suspensinya menggunakan sistem *steering* model dan *rack* dan *pinion*. Gambar desain 3D untuk sistem *steering rack* dan *pinion* secara keseluruhan dapat ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Pada gambar diatas adalah sistem *rack* dan *pinion* manual. Pada proyek akhir ini, dibuat sistem *rack* dan *pinion* yang dikembangkan dengan menambahkan

4. Pengujian Alat

Percobaan pertama secara teori dan secara lapangan telah dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Variabel	Uji Teori	Uji Lapangan
R	254 cm	250 cm
a	105 cm	105 cm
s	99 cm	99 cm
δ_1	22	23
δ_2	18	16

Percobaan kedua secara teori dan secara lapangan telah dilakukan dan hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut ini.

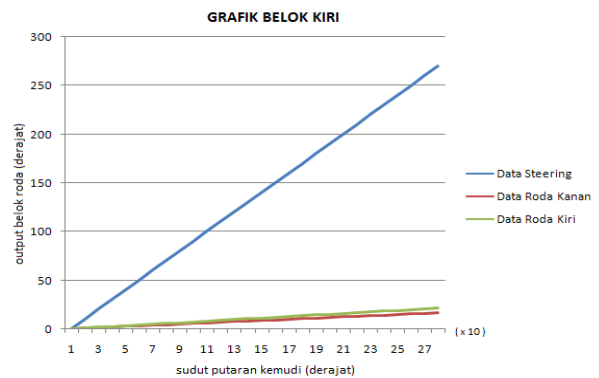
Variabel	Uji Teori	Uji Lapangan
R	249 cm	241 cm
a	105 cm	105 cm
s	99 cm	99 cm
δ_1	23	24
δ_2	16	18

Pada percobaan yang lain, akan diujicoba tentang data *steering* pada saat belok ke kiri dan ke kanan. Terdapat perbedaan antara sudut belok kiri dengan sudut belok kanan. Berikut adalah tabel hubungan antara *steering* dengan roda kanan dan kiri pada saat mobil listrik berbelok ke kiri. Tabel tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Belok Kiri		
<i>Steering</i> ($^{\circ}$)	Roda Kanan Luar ($^{\circ}$)	Roda Kiri Dalam ($^{\circ}$)
0	0	0
10	0.63	0.81
20	1.26	1.62
30	1.89	2.43
40	2.52	3.24
50	3.15	4.05
60	3.78	4.86
70	4.41	5.67
80	5.04	6.48
90	5.67	7.29
100	6.3	8.1

110	6.93	8.91
120	7.56	9.72
130	8.19	10.53
140	8.82	11.34
150	9.45	12.15
160	10.08	12.96
170	10.71	13.77
180	11.34	14.58
190	11.97	15.39
200	12.6	16.2
210	13.23	17.01
220	13.86	17.82
230	14.49	18.63
240	15.12	19.44
250	15.75	20.25
260	16.38	21.06
270	17	22

Berikut gambar grafik hubungan antara data *steering* pada saat belok kiri dengan data roda kanan dan roda kiri ditunjukkan pada gambar



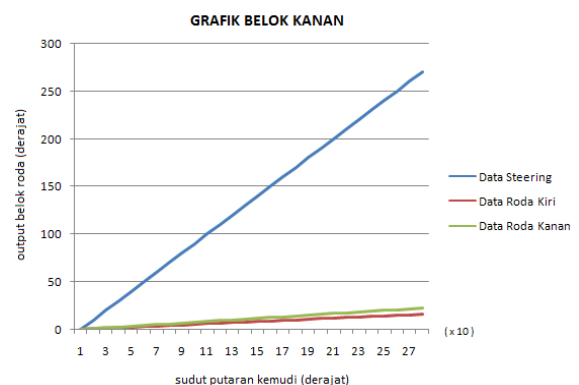
Pengujian selanjutnya adalah pengujian ketika *steering* dibelokkan ke kanan. Terdapat perbedaan antara sudut belok

kanan dengan sudut belok kiri pada saat *steering* dibelokkan ke kanan. Berikut adalah tabel hubungan antara *steering* dengan roda kanan dan kiri pada saat mobil listrik berbelok ke kanan. Tabel tersebut dapat dilihat berikut ini.

Belok Kanan		
<i>Steering</i> (°)	Roda Kiri Luar (°)	Roda Kanan Dalam (°)
0	0	0
10	0.59	0.85
20	1.18	1.7
30	1.77	2.55
40	2.36	3.4
50	2.95	4.25
60	3.54	5.1
70	4.13	5.95
80	4.72	6.8
90	5.31	7.65
100	5.9	8.5
110	6.49	9.35
120	7.08	10.2
130	7.67	11.05
140	8.26	11.9
150	8.85	12.75
160	9.44	13.60
170	10.03	14.45
180	10.62	15.3
190	11.21	16.15
200	11.8	17
210	12.39	17.85
220	12.98	18.7

230	13.57	19.55
240	14.16	20.4
250	14.75	21.25
260	15.34	22.1
270	16	23

Pada tabel diatas, data *steering* merupakan data sudut pada saat *steering* dibelokkan ke kiri sedangkan data roda kanan dan roda kiri merupakan data sudut hasil perputaran *steering*. Untuk lebih jelas dapat dilihat melalui gambar grafik. Berikut gambar grafik hubungan antara data *steering* pada saat belok kiri dengan data roda kanan dan roda kiri ditunjukkan pada gambar .



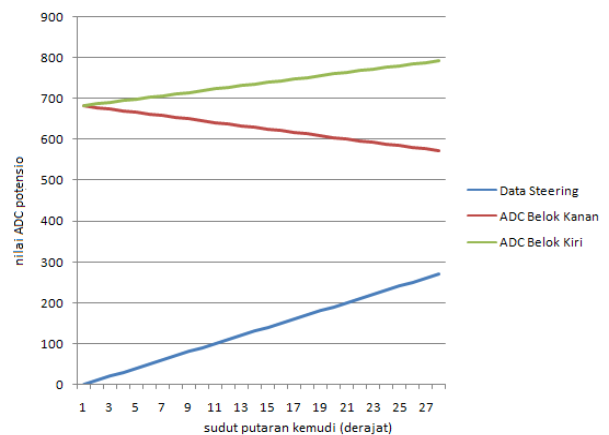
Pengujian selanjutnya adalah pengujian antara sudut *steering* dengan data pada sensor posisi yaitu potensio. Data posisi ini adalah berupa data ADC yang kemudian dikonversi menjadi data sudut. Berikut tabel data potensio perbandingan antara belok kanan dengan belok kiri dapat dilihat pada tabel .

<i>Steering</i>	Belok Kanan	Belok Kiri
-----------------	-------------	------------

(⁰)	(<i>decimal</i>)	(<i>decimal</i>)
0	682	682
10	678	686.1
20	674	690.2
30	670	694.3
40	666	698.4
50	662	702.5
60	658	706.6
70	654	710.7
80	650	714.8
90	646	718.9
100	642	723
110	638	727.1
120	634	731.2
130	630	735.3
140	626	739.4
150	622	743.5
160	618	747.6
170	614	751.7
180	610	755.8
190	606	759.9
200	602	764
210	598	768.1
220	594	772.2
230	590	776.3
240	586	780.4
250	582	784.5
260	578	788.6
270	574	792.7

Pada tabel diatas, data *steering* merupakan data sudut pada saat *steering* dibelokkan ke kiri dan ke kanan sedangkan data roda

kanan dan roda kiri merupakan data ADC potensio hasil perputaran *steering*. Untuk lebih jelas dapat dilihat melalui gambar grafik. Berikut gambar grafik hubungan antara data *steering* pada saat belok kiri dengan data roda kanan dan roda kiri ditunjukkan pada gambar.



5. Kesimpulan

Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil diantaranya adalah sbb:

1. Terdapat perbedaan antara perhitungan geometri ackermann steering antara teori dengan lapangan. Hal ini disebabkan pada proses pembuatan mekanik mobil listrik dan *steering* tidak terlalu presisi sehingga terdapat perbedaan perhitungan.
2. Perbedaan lain dari perhitungan geometri *ackermann steering* antara teori dengan lapangan disebabkan terbatasnya putaran pada *steering*

terhadap potensio yang menempel pada *gear steering*.

3. Terdapat perbedaan antara data ADC pada saat belok kanan dengan belok kiri. Perbedaan ini tidak begitu dipermasalahakan karena perbedaannya sedikit sekali.

DAFTAR PUSTAKA

- “Ackermann *Steering*”,
<http://www.diracdelta.co.uk/science/source/a/c/ackermann%20steering/source.html>
- Hibbeler, R. C. (1997). *Engineering Mechanics: Dynamics*. Buku Teks. Singapore: Simon & Schuster (Asia) Pte. Ltd.
- Odenthal, D. Ackermann, J. 1999. Advantages Of Active *Steering* For Vehicle Dynamics Control.
- “Oversteer”
<http://en.wikipedia.org/wiki/Oversteer>
- Prof, Dr. Rill Georg, (2006). *Vehicle Dynamic*, University of Applied Sciences, RegenBurg.
- “Simplified Steady-State Stability and Control” Race Car Vehicle Dynamics. William F Milliken, Douglas L. Milliken. Copyright 1995 SAE. Pages 128-142.
- Sutantra, Nyoman I, (2001). *Teknologi Otomotif Teori dan Aplikasinya*, Edisi Pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya, Surabaya.
- “Understeer”
<http://en.wikipedia.org/wiki/Understeer>