

Analisa Kegagalan Sistem Kemudi *Rack and Pinion* pada Mobil Listrik Laksmana V2 dengan Metode *FMEA (Failure Mode Effect and Analysis)*

Muhammat Tarmizi¹⁾, Razali²⁾

¹⁾Politeknik Negeri Bengkalis

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan

Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Sei. Alam

Bengkalis, Riau - 28711, Indonesia

Email: muhammattarmizi9@gmail.com

razali@polbeng.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 29 September 2020
Revised: 15 October 2020
Accepted: 25 October 2020
Published: 30 November 2020

ABSTRAK

Sistem kemudi yang paling banyak digunakan yaitu sistem kemudi rack and pinion. Sistem kemudi kendaraan pada umumnya ditunjang dengan mekanisme power steering untuk menunjang keamanan dan kestabilan. Mekanisme power steering yang banyak digunakan yaitu hidrolis power steering dan electrical power steering. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fungsi cara kerja dan kegagalan yang terjadi pada kemudi tipe rack and pinion pada mobil listrik laksmana V2 penelitian ini di lakukan di bengkel teknik mesin politeknik negeri Bengkalis metode di gunakan untuk menganalisa kegagalan sistem kemudi rack and pinion dengan metode (failure mode effect and analysis). Dari hasil penelitian terdapat 3 kegagalan fungsi sistem kemudi pada mobil listrik yaitu gerak bbas sudut dan kesetabilan sistem kemudi yang mana yang paling berpotensi kerusakan pada sudut roda.

Kata kunci: rack and pinion, kegagalan fmea

PENDAHULUAN

Energi fosil adalah energi yang tak terbarukan dan akan habis pada beberapa tahun yang akan datang. Diprediksi tidak lebih dari 50 tahun lagi energi fosil di dunia akan habis. Selain karena akan habis, energi fosil juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Emisi gas rumah kaca dari pembakaran energi fosil berdampak pada pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim. Berbagai penelitian pun dilakukan untuk mendapatkan sumber energi alternatif. Dan ternyata di sekitar kita terdapat macam-macam energi alternatif yang dapat dimanfaatkan sebagai pengganti energi minyak yang tentunya tidak merusak lingkungan. Salah satunya adalah energi listrik.

Pada saat ini energi listrik masih merupakan energi alternatif untuk digunakan pada alat transportasi, pada sistem ini motor listrik akan menggantikan mesin diesel

atau mesin konvensional sebagai penggerak utama, mesin listrik yang dapat digunakan pada saat ini sangat banyak sekali mulai dari motor DC sampai dengan motor AC.

Kendaraan merupakan sarana transportasi yang sangat penting penggunaannya pada saat ini. Perkembangan kendaraan saat ini begitu pesat dengan digunakannya beberapa alternatif energi untuk menghasilkan daya pada kendaraan tersebut. Kendaraan dengan menggunakan energi listrik mengalami perkembangan yang cukup besar dimana semakin beralihnya kendaraan dengan sumber energi yang menggunakan *Ignition Combustion Engine Vehicle (ICEVs)* menjadi kendaraan dengan menggunakan energi listrik atau *electric vehicle (EVs)*. Perkembangan kendaraan listrik akan sangat pesat dengan adanya kompetisi untuk membuat kendaraan yang layak dipasarkan. Salah satu kompetisi yang diadakan di Indonesia yaitu Kontes Mobil Listrik Indonesia yang merupakan kompetisi tingkat mahasiswa.

Sehingga perlu adanya rancang bangun kendaraan listrik yang dapat digunakan dalam ajang tersebut. Salah satu hal yang banyak dikembangkan yaitu mengenai kemudi atau biasa disebut steering yang mempengaruhi kenyamanan juga keamanan. Aspek dari sistem kemudi yang dapat mempengaruhi kenyamanan dan keamanan kendaraan saat melaju di jalan lurus maupun tikungan pada kecepatan lambat ataupun kencang menjadikannya hal yang patut diperhatikan dalam perancangan kendaraan yang baik.

Sistem kemudi yang paling banyak digunakan yaitu sistem kemudi rack and pinion. Secara garis besar komponen sistem kemudi terdiri dari steering column, steering gear, dan steering linkage. Sistem kemudi kendaraan pada umumnya ditunjang dengan mekanisme power steering untuk menunjang keamanan dan kestabilan. Mekanisme power steering yang banyak digunakan yaitu hidrolik power steering dan electrical power steering.

Mobil listrik Laksamana V2 Politeknik Negeri Bengkalis menggunakan sistem kemudi rack and pinion. Untuk menunjang performa mobil listrik V2 ini diperlukan analisis potensi kegagalan pada siklus sistem kemudi mobil ini dimana pada sistem kemudi ini menjadi poin penting dalam penilaian dalam kompetisi mobil listrik.

Analisis yang dilakukan menggunakan Metode FMEA (*Failure mode effect and analysis*). Metode ini dapat menganalisa potensi kegagalan yang terjadi pada siklus kemudi *rack and pinion*.

Adapun tujuan penelitian adalah:

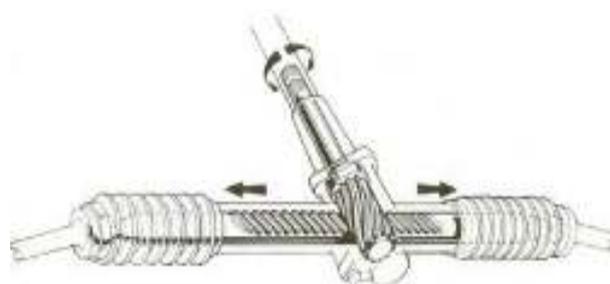
- 1) Untuk mengetahui sistem kemudi rack dan pinion pada mobil listrik V2
- 2) Untuk mengetahui potensi kegagalan pada sistem kemudi pada mobil listrik Laksamana V2
- 3) Untuk mengetahui cara penerapan metode FMEA dalam menganalisis kegagalan sistem kemudi

Ellyana Utami Puspita Dewi dkk (2018) dengan hasil penelitian adalah Aplikasi Sistem Kemudi Tipe *Rack And Pinion* Pada Gokart yang merupakan mengkaji komponen, fungsi, cara kerja, pemeriksaan, pengukuran, dan pengujian sistem kemudi tipe *rack and pinion* pada gokart. Dalam pembuatan system kemudi gokart menggunakan tipe *rack and pinion* dengan diameter *steering wheel* 31cm, panjang *steering coloumn* 66cm, panjang *tie rod* 70cm, dan jumlah gigi *rack* 13. Pada penelitian ini yang diperoleh yaitu Gerak bebas roda kemudi melebihi standar yang ditentukan, hal ini menyebabkan kemudi kurang responsive karena pada saat roda kemudi diputar namun belum terjadi persinggungan antara gigi *rack* sehingga menyebabkan kurangnya kenyamanan dalam berkendara. Pada saat kendaraan berbelok ke kanan, roda depan tidak dapat berbelok secara Optimal di karenakan sudut belok roda bagian dalam dan luar sama besar ($\alpha=\beta$) sehingga akan terjadi *side slipping* yang mengakibatkan roda tidak dapat kembali ke titik yang sama. Sedangkan

pada saat kendaraan berbelok ke kiri sudut roda bagian luar yang dihasilkan sudah sesuai dengan prinsip ackerman, hal ini terlihat dari hasil pengujian susu troda bagian luar lebih kecil dari bagian dalam ($\alpha<\beta$).

Sistem kemudi merupakan bagian dari sistem kendaraan yang mengatur arah gerak kendaraan yang sesuai yang di inginkan oleh pengendara. sistem kemudi yang ideal adalah di mana input gerakan belok yang di inginkan oleh pengemudi sesuai dengan output gerak belok yang di hasilkan oleh kendaraan, kondisi tersebut dinamakan kondisi *ackerman*. garis besar cara kerja dari sistem kemudi yaitu pengemudi menggerakkan roda kemudi sesuai keinginannya kemudian menggerakkan *steering column* yang kemudian tersambung ke *steering gear*. pada *steering gear* mengubah arah gerak rotasi menjadi translasi serta menyesuaikan usaha yang diberikan pada roda kemudi ke *steering linkage*. gerakan *steering linkage* yang terdiri dari gerakan *tie rod* kemudian menggerakkan *steering knuckle* sehingga roda dapat ikut berbelok.

Mekanisme sistem kemudi yang banyak digunakan salah satunya adalah mekanisme *rack and pinion*. Sesuai namanya mekanisme ini memanfaatkan agar pinion berputar bersamaan dengan *steering column* kemudian dikonversi menjadi gerakan linier oleh *rack* yang kemudian menggerakkan *steering linkage* seperti pada gambar. 1



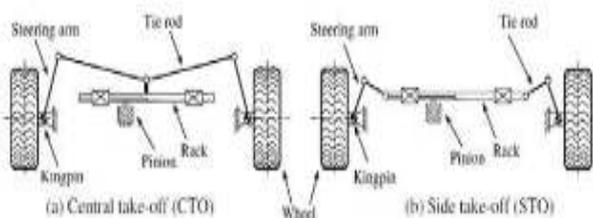
Gambar 1. Rack dan Pinion

Beberapa keuntungan dan kerugian penggunaan mekanisme ini dapat di lihat pada tabel.

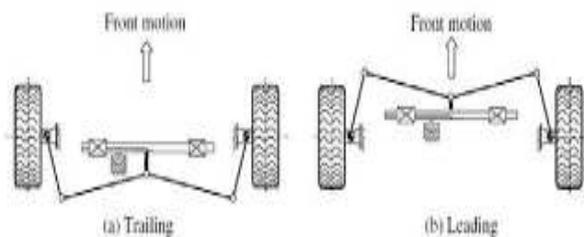
Tabel.1 Keuntungan dan kerugian *rack and pinion steering*

No	Advantage	Disadvantage
1	Komponen lebih sedikit sehingga lebih mudah mengatur gerak kinematikanya.	Tidak cocok pada penggunaan <i>heavy duty</i> karena konstruksi yang tidak didesain untuk menahan beban kerja berat.
2	Mudah dan lebih ekonomis untuk di manufaktur.	Tidak dapat digunakan pada <i>rigid axle</i> .
3	Secara total lebih ringan dan membutuhkan ruang yang lebih kecil.	Komponen yang lebih sedikit sehingga komponennya menerima beban yang lebih dibandingkan <i>recirculating ball steering</i> .

Mekanisme sistem kemudi *rack and pinion* memiliki dua konfigurasi *linkage* yang bisa di gunakan pada kendaraan yaitu konfigurasi *central take-off* (CTO) dan *side take-off* (STO).perbedaan dari keduanya terletak pada penempatan *tie rod* seperti terlihat pada gambar 2.2. Ditinjau dari konfigurasi penempatan *rack and pinion* di depan atau di belakang *rack*-nya dapat di bedkan menjadi konfigurasi *trailing* dan *leading* tergantung pada posisi *steering linkage* terhadap *steering arm* seperti pada gambar3 baik konfigurasi CTO maupun STO dapat menggunakan konfigurasi *trailing* maupun *leading*.



Gambar .2 Ilustrasi *Central take-off* (kiri) dan *Side take-off* (kanan)

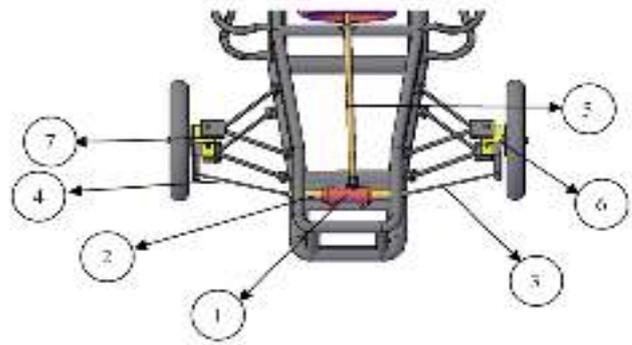


Gambar 3 Ilustrasi *Central take-off trailing* (kiri) dan *leading* (kanan)

1. METODE

1.1 Alat

Adapun alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah pada mobil listrik Laksamana V2 dengan metode FMEA. Penelitian ini dilakukan di lab motor bakar di politekniknegeriberibhngkalis



Gambar 4. Komponen sistem kemudi *Rack and Pinion*

Tabel 2. Komponen sistem kemudi *rack and pinion*

No	Nama Komponen
1	<i>Rack</i>
2	<i>Pinion</i>
3	Lengan <i>Tie rod</i> kiri
4	Lengan <i>Tie rod</i> kanan
5	Dudukan roda kanan
6	Dudukan roda kiri



Gambar 5. Mobil Laksamana V2

1.2 Pengertian FMEA

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan. FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah. Terdapat dua penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (FMEA Desain) dan dalam proses (FMEA Proses).

1.2.1 Langkah-langkah dasar fmea

Aktifitas utama dalam melakukan FMEA

1. Analisa *failuremode*
Failuremode adalah proses atau subproses yang melalui berbagai cara dapat gagal memberikan hasil yang diharapkan.
2. Analisa masalah (*hazard analysis*)
Adalah proses mengumpulkan dan mengevaluasi informasi mengenai masalah yang berkaitan dengan proses yang dipilih (area menjadi focus FMEA) dengan tujuan memperoleh daftar masalah atau kesalahan yang significant, yang paling sering menyebabkan cedera atau sakit.
3. Menetapkan *controlyang* efektif

Adalah menentukan langkah pencegahan (*barrier*) untuk menghilangkan atau mengurangi secara *significant* semua kemungkinan terjadinya masalah atau problem dalam aktifitas sehari-hari.

2.2.2. menentukan nilai severity

Tingkat keparahan (*severity*) adalah penilaian terhadap keseriusan dari efek yang ditimbulkan. Dalam arti setiap kegagalan yang timbul akan dinilai seberapa besar tingkat keseriusannya. Terdapat hubungan secara langsung antara efek dan *severity*. Sebagai contoh, apabila efek yang terjadi adalah efek yang kritis maka nilai *severity* pun akan tinggi. Dengan demikian, apabila efek yang terjadi merupakan efek yang kritis, maka nilai *severity* pun akan sangat rendah (*Stamatis, 1995*).

Tabel 3. Indeks Skala Severity

RATING	KRITERIA
1	<i>Negligible Severity</i> (Pengaruh Buruk Yang Dapat Di Abaikan) Kita Tidak Perlu Memikirkan Bahwa Akibat Ini Akan Berdampak Pada Kualitas Produk. Konsumen Mungkin Tidak Akan Memperhatikan Kecacatan Ini.
2	<i>Mild Severity</i> (Pengaruh Buruk Yang Ringan). Akibat Yang Ditimbulkan Akan Bersifat Ringan, Konsumen Tidak Akan Merasakan Penurunan Kualitas
4	<i>Moderate Severity</i> (Pengaruh Buruk Yang Moderate). Konsumen Akan Merasakan Penurunan Kualitas, Namun Masih Batas Toleransi.
7	<i>High Severity</i> (Pengaruh Buruk Yang Tinggi). Konsumen Akan Merasakan Penurunan Kualitas Yang Berada Diluar Batas Toleransi

9	<i>Potential Severity</i> (Pengaruh Buruk Yang Sangat Tinggi). Akibat Yang Ditimbulkan Sangat Berpengaruh Terhadap Kualitas Lain, Konsumen Tidak Akan Menerima.
---	--

2.2.3 Menentukan Nilai Occurance

Tingkat Kejadian (*occurance*) adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. *Occurance* merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau akumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi (*Stamatis, 1995*).

Tabel 4. Indeks Skala Occurence

Degre	Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Ratin g
<i>Remote</i>	0,001 Per 1000 Item	1
	0,01 Per 1000 Item	2
	0,05 Per 1000 Item	3
<i>Moderate</i>	1 Per 1000 Item	4
	2 Per 1000 Item	6
	3 Per 1000 Item	6
<i>High</i>	10 Per 1000 Item	7
	20 Per 1000 Item	8
	50 Per 1000 Item	9
<i>Very High</i>	100 Per 1000 Item	10

2.2.4 menentukan nilai detection

Nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi (*Stamatis, 1995*)

Tabel 5. Indeks Skala *Detection*

<i>Detection</i>	<i>Likelihood Of Detection</i>	<i>Rangking</i>
Hampir Tidak Mungkin	Tidak Ada Alat Pengontrol Yang Mampu Mendeteksi	10
Sangat Jarang	Alat Pengontrol Saat Ini Sangat Sulit Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Kegagalan	9
Jarang	Alat Pengontrol Saat Ini Sangat Sulit Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Kegagalan	8
Sangat Rendah	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Sangat Rendah	7
Rendah	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Rendah	6
Sedang	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Sedang	5
Agak Tinggi	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Sedang Sampai Tinggi	4
Tinggi	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Tinggi	3
Sangat Tinggi	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Sangat Tinggi	2
Hampir Pasti	Kemampuan Alat Kontrol Untuk Mendeteksi Bentuk Dan Penyebab Hampir Pasti	1

2.2.5. Menghitung Nilai RPN

Risk Priority Number (RPN) merupakan produk dari hasil perkalian tingkat keparahan, tingkat kejadian dan tingkat deteksi. RPN menentukan prioritas dari kegagalan. RPN tidak memiliki nilai atau arti (*Stamatis, 1995*). Nilai RPN dapat digunakan untuk menentukan tindakan perbaikan yang sesuai dengan tingkat nilai yang diperoleh. (*Jannah, Supriyadi, & Nalhadi, 2017*) Untuk menentukan nilai RPN dapat menggunakan rumus :

$$RPN = S * O * D$$

Keterangan :

- S = *Severity*
- O = *Occurence*
- D = *Detection*

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Pengambilan Data Sistem Kemudi *Rack and Pinion*

Berdasarkan hasil pengambilan data pada aplikasi sistem kemudi tipe *rack and pinion* pada mobil maka di peroleh hasil seperti yang ditunjuk kan pada table 4.1 berikut.

Table 5 Hasil Pengukuran Dan Pengujian

No	Pengujian dan Komponen	Hasil Dan Pengukuran
1	Sudut Roda	<ul style="list-style-type: none"> • Arah Sudut Roda Kanan α : 144° β : 37° • Arah Sudut Roda Kiri α : 135° β : 45°
2	Gerak Bebas Roda Kemudi	Standar Gerak Bebas Roda (30 mm) <ul style="list-style-type: none"> • Gerak Bebas Roda Kanan : 80 mm • Gerak Bebas Roda Kiri : 60 mm
3	Hasil Pengukuran Lengan Tierod	<ul style="list-style-type: none"> • Lengan Tierod Kanan : 12 cm • Lengan Tierod Kiri : 10 cm
4	Hasil Pengujian Kesetabilan Kemudi	Mobil Membentuk Lingkaran Diameter 567 cm dan 559 cm

2.1.1 Hasil Pengujian Pengukuran Sudut Roda

Dari hasil data yang didapat dari pengujian pada system kemudi tipe *rack and pinion* pada mobil Laksamana V2 di dapat data bahwa arah sudut roda kanan $\alpha > \beta$ dan juga arah sudut roda kiri $\alpha > \beta$. Pada roda bagian kanan sudut α didapatkan nilai sudut sebesar 144° dan sudut β pada roda sebesar 37°. Kemudian pada sudut roda bagian kiri didapatkan sudut α sebesar 135° dan pada sudut β didapatkan nilai sebesar 45°. Berdasarkan data sudut yang diperoleh sudut pada roda mobil listrik Laksamana V2 yang tidak sesuai dengan prinsip Ackerman. Prinsip Ackerman menyatakan bahwa untuk arah sudut roda kanan $\alpha < \beta$ dan begitu juga untuk arah sudut roda kiri $\alpha < \beta$, sedangkan data yang didapat dari pengujian pada system kemudi tipe *rack and pinion* pada mobil Laksamana V2 didapat data bahwa arah sudut roda kanan $\alpha > \beta$ dan juga arah sudut roda kiri $\alpha > \beta$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa system kemudi tipe *rack and pinion* pada mobil Laksamana V2 mengalami kegagalan karena tidak sesuai dengan prinsip Ackerman.



Gambar 6. proses pengukuran sudut roda

2.1.2 Gerak bebas roda

Berdasarkan dari data untuk gerak bebas roda pada mobil listrik laksamana V2 di dapatkan sebagai berikut :

Tabel 6. Gerak bebas roda

1	Gerak bebas roda kanan	80 mm
2	Gerak bebas roda kiri	60 mm

Pengukuran gerak bebas roda memiliki standar gerak bebas Sebesar 30 mm. Dari data hasil pengujian didapatkan sudut Gerak bebas roda kemudi menunjukkan melebihi batas maksimum. Ketidak sesuaian gerak bebas roda dengan standar dipengaruhi beberapa factor yaitu pada saat pembuatan system kemudi tidak dilakukan dengan presisi yang akurat dan beberapa komponen yang dipasang kurang tepat, sehingga mempengaruhi penghubung dari roda ke rack and pinion. Apabila gerak bebas roda kemudi telalu besar akan menyebabkan mobil mengalami ketidak stabilan pada saat berbelok

2.1.3 Hasil pengukuran lengan Tie rod

Pada pengukuran lengan tie rod didapatkan lengan tie rod pada system kemudi mobil listrik laksamana V2 memiliki Panjang yang tidak sama yaitu pada Lengan tierod kanan : 12 cm dan Lengan tierod kiri :10 cm. Ukuran lengan tie rod ini mempengaruhi sudut yang didapatkan roda karna lengan tie rod menghubungkan roda dengan rack and pinion. Yang pada berdasarkan hasil pengujian sudut roda didapatkan nilai sudut yang tidak sesuai dengan prinsip Ackerman hal ini di karna kan lengan tie rod yang tidak sesuai. Panjang lengan ini harus disesuaikan antara lengan kiri dan kanan sehingga roda dapat membentuk sudut yang sesuai.

2.1.4 Hasil pengujian kesetabilan kemudi

Pengujian kesetabilan kemudi ini dilakukan dengan menjalankan mobil Mobil dengan kemudi membenuk lingkaran untuk mendapatkan kesetabilan kemudi. Pada data yang didapat setelah dilakukan pengujian kemudi mobil listrik laksamana V2 membentuk lingkaran dengan

diameter sebesar 567 cm dan 559 cm dengan di lakukan dua putaran mobil yang mana pada putaran ini ditandai dengan garis spidol. Pengujian hasil kesetabilan kemudi mobil listrik laksamana V2 di dapatkan kemudi tidak mengalami kestabilan dengan ditandai dengan diameter yang tidak sama. Ketidakstabilan ini dikarenakan factor sudut yang tidak di dapatkan sehingga belok kemudi tidak tetap dan berubah ubah.

2.2 Analisa Dengan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* FMEA

Untuk Menganalisa Kegagalan system kemudi rack and pinion FMEA merupakan suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). Dalam hal menganalisa penyebab kerusakan pada sistem kemudi rack and pinion dapat dilakukan beberapa cara, diantaranya adalah :

1. Pemeriksaan atau pengecekan Pemeriksaan dilakukan pada setiap komponen system kemudi rack and pinion pada mobil listrik Laksamana V2 dengan menggunakan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA).
2. Menentukan komponen dari sistem / alat yang akan dianalisa
3. Mengidentifikasi mode kegagalan dari proses yang diamati
4. Mengidentifikasi akibat / potensial effect yang ditimbulkan potential kegagalan.
5. Mengidentifikasi penyebab (*potential cause*) dari mode kegagalan yang terjadi pada proses yang berlangsung
6. Menetapkan nilai – nilai (dengan cara observasi lapangan, *interview* dan dokumentasi)
7. Menentukan nilai RPN, yaitu nilai yang menunjukkan keseriusan dari Potential

2.3 Menentukan Nilai *Severity, Occurance, Detection* dan RPN

Dari data yang telah didapat kan maka di lakukan analisa dengan memasuk kan nilai *Severity, Occurance, Detection* dan RPN.

Tabel 7 Nilai Severity, Occurance, Detection dan RPN

N	POTENSI KEKAGALAN	SEVERITY	OCCURANCE	DETECTION	RPN
1.	Gerak bebas	6	6	6	216
2.	Sudut roda	8	5	6	240
3	Lengan Tie Rod	5	4	5	100
4	Kestabilan kemudi	7	5	5	215

Tabel 7 menunjukkan hasil pemberian nilai Severity, Occurance, Detection. Dalam aspek S = Severity untuk masing-masing potensi kegagalan berdasarkan penyebab kegagalan yang terjadi dalam skor 1-10. Severity merupakan nilai potensi kegagalan dari penelitian di lapangan didapatkan nilai severity tertinggi (nilai 8) pada sudut roda, sedangkan nilai terkecil (nilai 5) lengan Tie rod. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.

Langkah selanjutnya adalah penilaian dalam aspek O = Occurance. Pada hasil pemberian nilai dalam aspek O = Occurance untuk masing-masing potensi kegagalan, akurasi merupakan nilai potensi sering terjadinya kegagalan. berdasarkan pertimbangan yang sama dengan pemberian nilai Severity dalam ranking skor 1-10 didapatkan Nilai Occurance tertinggi (nilai 6) pada fungsi gerak bebas. Sedangkan nilai terkecil (nilai 4) jatuh pada dua fungsi sudut roda dan kestabilan kemudi. Semakin besar nilainya, maka semakin tinggi resiko kegagalan sehingga membutuhkan perhatian dan tindakan pencegahan.

Selanjutnya adalah penilaian dalam aspek D = Detection. Detection merupakan nilai tingkat mendeteksi nilai kerusakan didapatkan Nilai Detection tertinggi (nilai 6) pada dua fungsi yaitu gerak bebas dan sudut roda. Sedangkan nilai terendah (nilai 5) pada kestabilan kemudi dan lengan tie rod, Semakin besar nilainya, maka semakin sulit dideteksi kerusakannya.

2.4 Analisa Data Kerusakan

Tabel 8. analisa data kerusakan

N	NAMA KOMPONEN	FAILUR	FAILURE CAUSE	FAILURE EFECT
1.	Gerak bebas	Gerak bebas tidak	pemasangan lengan tie-red	Mobil saat berbelok tidak

	standard	tidak sesuai	responsif
2.	Sudut roda tidak sesuai prinsip ackerman $\alpha > \beta$	Rack and pinion tidak presisi	Terjadinya selip
3	Lengan Tie rod	Ukuran yang tidak sama	Pengukuran dan pemotongan yang tidak benar
4.	Kestabilan kemudi	Tidak dapat kembali ketitik kelintasan awal	Sudut roda bagian dalam lebih kecil dari sudut bagian luar

Pada tabel 8 didapatkan data kerusakan yang terjadi pada sistem kemudi rack and pinion pada mobil listrik laksana V2.

Gerak bebas pada sistem kemudi mobil laksana V2 tidak dalam standar di buktikan mobil saat berbelok tidak responsif ini di sebabkan pemasangan leengan tie roaad tidak sesuai.

Sudut roda pada sistem kemudi mobil laksana V2 sudut roda tidak sesuai dengan perinsip acarment ini terbukti dengan terjadinya seliping ini di sebabkan oleh rack and pinion nya tidak persisi.

Kesetabilan kemudi pada pengujiannya kesetabilan kemudi mobil menjalan melingkar namun sudut awal dan sudut akhirnya tidak beremu ini di sebabkan tidak kesetabilan kemudi ini di pengaruhi karna sudut pada bagian dalam lebih kecil dari sudut bagian luar.

2.4.1 Cause And Effect Diagram (Diagram Ishikawa / Diagram Tulang Ikan)

Berikut ini adalah diagram sebab penyebab kegagalan yang diperkirakan berdasarkan nilai RPN tertinggi yaitu sudut roda pada mobil listrik Laksamana V2



Gambar 8. Grafik Diagram fishbone

Gambar 8. diatas diperlihatkan berbagai kemungkinan penyebab potensi kegagalan pada sistem kemudi rack and pinion mobil listrik laksmana V2 adalah pada sudut roda dengan nilai RPN 240 pada diagram fhisbone dapat di lihat beberapa penyebab fakta kegagalan pada sudut roda antara lain, mekanik yang memasang sistem kemudi pada mobil listrik laksmana V2 kurang memahami siste kemudi *rack and pinion*.serta kualitas material yang kurang bagus.Penyebab kegagalan pada sudut roda harus diteliti dalam hal pemasangan dan pengukuran untuk mendapatkan ukuran sudut yang sesuai dan memberikan kenyamanan dalam berkendara.

3. KESIMPULAN

Dari hasil analisa kegagalan sistem kemudi *rack and pinion* pada mobil listrik laksmana V2 diuraikan sebagai berikut:

1. Mobil listrik laksmana V2 menggunakan sistem kemudi rack and pinion di mana keuntungan yang di peroleh dari penggunaan sistem rack and pinion pada mobil listrik laksmana V2 lebih mudah untuk mengatur gerak kinematiknya lebih ekonomis dan dan lebih ringan.
2. Dari hasil penelitian terdapat 3 kegagalan fungsi sistem kemudi pada mobil listrik yaitu gerak bebas sudut dan kesetabilan sistem kemudi yang mana yang paling berpotensi kerusakan pada sudut roda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A.R.Ismail ,R.ismail ,R.Zulkifli,N.K.Makhtar ,B.M.Deros ,2009,"*A Study mentation of'' preventif maintenance programe at malaysia palm oil mill''*euopen journal of scientific researc.ISSN1450-216X Vol.No.1
- [2] Difana meilani insannul kamil,dan arie satria,oktober 2008."*analisis realibely centered maintenatce (RCM) dan realibely centered spares (RCS) pada unit rewemill pabrik indarung IV PT.semen*

- padang.*"jurnal optmasi sistem industri,Vol 8 No.1.teknik industri universitas andalas(UNAND)
- [3] Imene indah susanti 2009."*penerapan analisis mode kegagalan dan dampak (FMEA)pada infrastruktur bandar udara* tesis TTb. Teknologi nuklir,yogyakarta.ISSN19780176.
 - [4] Nasa2008,"*reability centered maintainance for facilitiesand collateral equipment,*"*national aeronautics and space administration,washington DC.* Final september
 - [5] Ellyana puspita dewi,wandi arnandi,sigit joko purnomo.2018,"*aplikasi system kemudi rack and pinion pada gokart.riset diploma teknik mesin volume 1,nomor 1.2018*