

Analisis Umur Pakai Hilecal Gear Pada Sistem Speedometer Kendaraan Roda Dua Material Acetal Resin

Joko Sarwono Utoyo¹, Tachli Supriyadi², Gatot Eka Pramono³

Material and Manufacturing Process Research Laboratory
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Ibnu Khaldun Bogor
Jl.K.H.Sholeh Iskandar Km 2 kd badak kota Bogor - 16162
Email : sarwnonojoko@gmail.com.

Abstrak

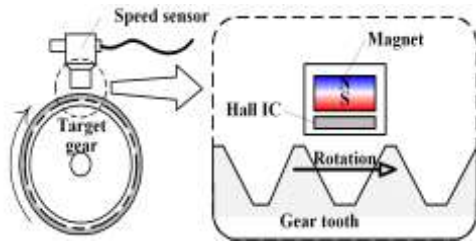
Hilecal gear pada sistem *speedometer* kendaraan roda dua berfungsi mentransmisi gerak motor kedalam sistem sensor magnet yang merupakan indikator deteksi laju kecepatan motor per km/jam kerap ditemukan problem seperti aus dang etas (crack) hal ini mengakibatkan penurunan akurasi pada speedometer sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengkaji umur pakai *hilecal gear* pada system transmisi digunakan pada speedometer, Penelitian ini menggunakan *Mechine Endurance* daya 5 HP, material *hilecal gear acetal resin* Tipe M90 pada variasi tingkat kekerasan berkisar 300 HBN hingga 1200 HBN, faktor keamanan serta analisa gaya-gaya pada *hilecal gear*. Hasil penelitian uji *endurance* 1420 Rpm pada temperature 80⁰ C gaya radial dan gaya transmisi menghasilkan beban yang sama 6984 kgf, gaya tengensial sebesar 2542 kgf sedangkan gaya pusat helik sebesar 7437,3 Kgf, Tingkat kekerasan berkisar 500 HBN hingga 900 HBN dengan kecepatan putar 1420 Rpm jumlah *cycle* 10⁵ hingga 10¹⁰ *cycle* hasil perhitungan *bending stress strength gear* memiliki nilai *safety factor* 1,09~1,48 sedangkan *safety factor pinion* 4,033 dan Kekerasan 300-400 HBN serta 1000-1200 HBN berada pada Zona kritis *safety factor gear* dibawah 1,0 sedangkan *safety factor pinion* masih tetap dalam zona aman.

Keywords : *Hilecal gear, Speedometer, Safety factor, acetal resin*, tingkat kekerasan

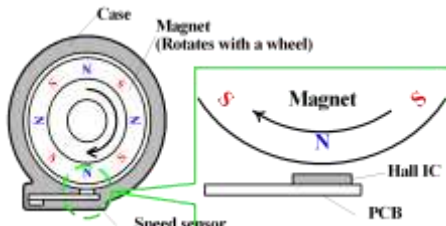
Pendahuluan

Saat ini Kemajuan teknologi telah banyak melahirkan inovasi hampir di seluruh sektor industri terutama pada sektor industri otomotif. Hampir seluruh Industri otomotif menggunakan *gear* sebagai komponen permesinan, *Gear* merupakan salah satu komponen yang berfungsi untuk mempermudah menjalankan beban yang berat agar motor dapat dengan mudah untuk memindahkan, mengangkat atau mendorong beban. Seperti pada sistem transmisi Speedometer yang merupakan salah satu komponen utama kendaraan roda dua yang berfungsi mendeteksi laju kecepatan motor yang tingkat akurasinya patut dijadikan momok bagi penggunaanya. Keakurasian speedometer mempengaruhi detektor pada indikator jarum saat sepeda motor dalam keadaan *running*. Banyak faktor yang bisa mempengaruhi tingkat keakurasian pada sistem speedometer diantaranya yaitu adanya pengaruh lintasan roda yang permukaannya tidak rata sehingga pada saat pengemudi mengemudikan kendaraan bermotor terjadi guncangan atau hentakan yang timbul akibat dari roda yang mengalami tumbukan dengan permukaan lintasan tersebut, hal ini yang harus

menjadi perhatian dan poin penting bagi para perancang unit sepeda motor karena speedometer merupakan komponen yang salah satu fungsinya yaitu untuk mendeteksi kecepatan laju sepeda motor. Speedometer merupakan komponen yang terdiri dari beberapa sub-sub komponen perakitan diantaranya: Body cover gear (Cam), PCB, sistem Hall IC, sensor magnetik, dan *hilecal gear*. Dalam sistem kerja speedometer dimana Hall IC dan Magnet termasuk dalam bagian sensor, rotasi dari roda gigi mengubah medan magnet yang melewati elemen hall IC sesuai dengan jarak dari gigi-gigi dan magnet. Output dari elemen Hall diubah menjadi beberapa sirkuit yang jumlahnya sama dengan jumlah gigi dari roda gigi dalam IC gelombang persegi panjang (Pulse) [Analisis Getaran, ROBERT K VIERCK, Penerbit Eresco Bandung 1995.] oleh karena itu, frekuensi gelombang persegi panjang sebanding dengan kecepatan.[The Vibration Analysis Handbook ,.taylor L James.,]



Gambar1. Ilustrasi skematik gelombang sistem magnetik speedometer



Gambar 2. Ilustrasi sistem Hall IC

Magnet dalam sensor berputar (hilek gear) sinkron dengan kecepatan roda depan, sensor tersebut akan menghasilkan gelombang persegi panjang yang diteruskan oleh Hall IC yang akan mendeteksi perubahan medan magnet yang dapat langsung terdeteksi oleh speedometer, seperti ditunjukkan pada gambar 2.

Dalam sistem kerja speedometer diatas dapat disimpulkan bahwa hilek gear merupakan komponen utama pada speedometer. Hilek gear akan menghasilkan gelombang persegi panjang saat motor dalam laju kecepatan sebesar km/jam kemudian diteruskan oleh *system speed sensor* dalam gelombang magnetic. Pada era tahun 1990-an hingga 2008 hilek gear terbuat dari bahan besi. Seiring perkembangan teknologi, hilek gear tidak lagi menggunakan bahan besi namun dimodifikasi menjadi bahan sejenis plastik yaitu acetal resin. Material hilek gear selain harus memiliki ketahanan panas, hilek gear juga harus tahan terhadap tegangan – tegangan atau gaya-gaya yang terjadi saat sepeda motor *running* seperti tegangan bending dan tegangan permukaan. Maka penulis akan mengkaji umur pakai hilek gear yang mana dalam pengkajian menggunakan perhitungan faktor keamanan tegangan bending dan tegangan permukaan sehingga lebih memaksimalkan kualitas hilek gear dalam visual ataupun secara dimensional serta fungsinya Sehingga sistem ini butuh tingkat kepresisian yang tinggi dalam hal design yang rancang pada industri Otomotif di

indonesia. maka penanganan speedometer harus mendapat sertifikasi dari lembaga inspeksi atau instansi pemerintah yang menangani masalah keselamatan dan kesehatan kerja (K3) seperti Departemen Tenaga Kerja.

Mengingat potensi resiko yang mungkin dapat terjadi, tentunya keselamatan jiwa akan menjadi lebih besar terkena dampaknya hal ini perlu dijadikan perhatian. Jika terjadi kegagalan sistem pada sensor speedometer yang diakibatkan oleh terjadinya kerusakan yang tidak terdeteksi sejak awal, maka pada akhirnya akan menyebabkan kecelakaan yang sangat fatal yang tentunya akan merugikan, oleh sebab itu kerusakan yang terjadi harus diantisipasi sejak awal, hal ini sebenarnya dapat dikendalikan oleh pengujian – pengujian yang telah distandarisasikan.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Adapun spesifikasi alat dan material yang digunakan sebagai berikut:

1. Hardness tester
2. Material pinion : Acetal resin
3. Material gear : Acetal resin
4. Torque meter
5. Endurance mechine 5 HP

Metode analisis

$$WT = \frac{60 \times (10^3)H}{\pi d_2 n} \quad (1)$$

$$Kv = \left[\frac{50}{50 + (200vt)^{\frac{1}{2}}} \right] B \quad (2)$$

$$\sigma_b = \left[\frac{wt Pd(\text{pinion})}{F J} \right] \left[\frac{Ka Km}{Kv} \right] [ks kb ki] \quad (3)$$

$$CP = \sqrt{\frac{1}{\pi \left[\frac{(1-VP_2)}{EP_2} + \frac{(1-VP_1)}{EP_1} \right]}} \quad (4)$$

$$\sigma_C = cp \sqrt{\frac{wt}{F+ID} \left[\frac{Ca Cm}{Cv} \right]} [Cs CF] \quad (5)$$

$$Sfb = \frac{KL}{KT KR} [S'fb] \quad (6)$$

$$KL = 2.3194 N^{-0.0538} \quad (8)$$

$$S'fb = 6235 + 174(HB) - 0.126HB^2 \quad (9)$$

Parameter Pendukung

- Load distribusi factor (Km, Cm) = 1.6 karena width < 50mm
- Application factor (Ka, Ca) = 1.0 (Driven mechine is uniform)
- Size factor (Ks, Cs) = 1.0 (Ref. AGMA TABEL)
- Rim thickness factor (Kb) = 1.0
- Realibility Factor (Cr, Kr) = 0.85
- Face width (F) = 2.0 mm
- Geometri factor (J) = 0.2815575
- Poison ratio material acetal resin (Vp) = 0.35
- Modulus elastisitas material Acetal resin (Ep) = 288 x 10³ N.
- Temperatur factor (KT, CT) = 1.0 (80⁰ C atau < 250⁰ f)
- Module 0.9
- Diameter gear 31,7 mm dan Pinion 8,19 mm
- No teeth Pinion 8 dan No Teeth gear 19
- Tool form 20⁰
- Helical angle and Direction 28,5⁰ dan 55,5⁰ (Right)
- Backlash 0,18 – 0,20
- Center distance 20 mm
- Temperatur uji 60⁰ – 80⁰ c
- 1420 Rpm
- Variasi kekerasan 300 Bhn – 1577 Bhn

Acetal Resin tipe M90-44 **Duracon** dengan Spesifikasi dari data Sertifikasi analisa ditunjukkan pada gambar 3:

Property	Unit	Standard	Value
Melt mass – flow rate	g/10 min	ISO 1133	8.9
Tensile Strenght	MPa	ISO 527-1.2	61.4
Tensile Strain	%	ISO 527-1.2	37.1
Softening temperatur	0C	ISO 306	159.3

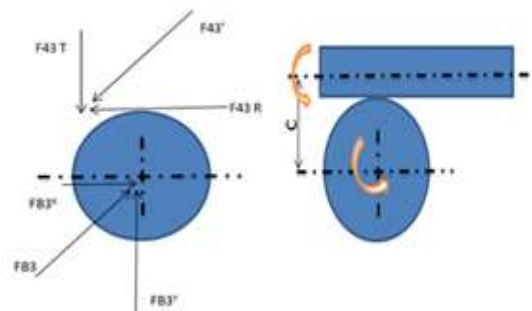
Gambar 3. Tabel properties material Acental Resin

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Survey



Gambar 4. Ilustrasi area crack pada hilecal gear



Gambar 6. Ilustrasi diagram body analisa gaya pada system hilecal gear

TABEL 1. Faktor Keamanan Gear Berdasarkan Tingkat Kekerasan

NO	Hari	tahun	60	N (Cycle)	HB 1200	HB 1100	HB 1000	HB 900	HB 800	HB 700	HB 600	HB 500	HB 400	HB 300
1	183	0.5	60	467,748,000	0.75	1.01	1.21	1.36	1.45	1.48	1.46	1.38	1.25	1.05
2	365	1	60	1,865,880,000	0.70	0.94	1.13	1.26	1.35	1.38	1.36	1.28	1.16	0.98
3	548	1.5	60	4,202,064,000	0.67	0.90	1.08	1.21	1.29	1.32	1.30	1.23	1.11	0.94
4	730	2	60	7,463,520,000	0.65	0.87	1.05	1.17	1.25	1.28	1.26	1.19	1.07	0.91
5	913	2.5	60	11,668,140,000	0.63	0.85	1.02	1.14	1.22	1.25	1.23	1.16	1.05	0.89
6	1095	3	60	16,792,920,000	0.62	0.83	1.00	1.12	1.20	1.22	1.21	1.14	1.03	0.87

7	1278	3.5	60	22,865,976,000	0.61	0.82	0.99	1.10	1.18	1.20	1.19	1.12	1.01	0.86
8	1460	4	60	29,854,080,000	0.60	0.81	0.97	1.09	1.16	1.19	1.17	1.11	1.00	0.84
9	1643	4.5	60	37,795,572,000	0.59	0.80	0.96	1.07	1.15	1.17	1.15	1.09	0.98	0.83
10	1825	5	60	46,647,000,000	0.59	0.79	0.95	1.06	1.13	1.16	1.14	1.08	0.97	0.82
11	2008	5.5	60	56,456,928,000	0.58	0.78	0.94	1.05	1.12	1.15	1.13	1.07	0.96	0.82
12	2190	6	60	67,171,680,000	0.58	0.77	0.93	1.04	1.11	1.14	1.12	1.06	0.95	0.81

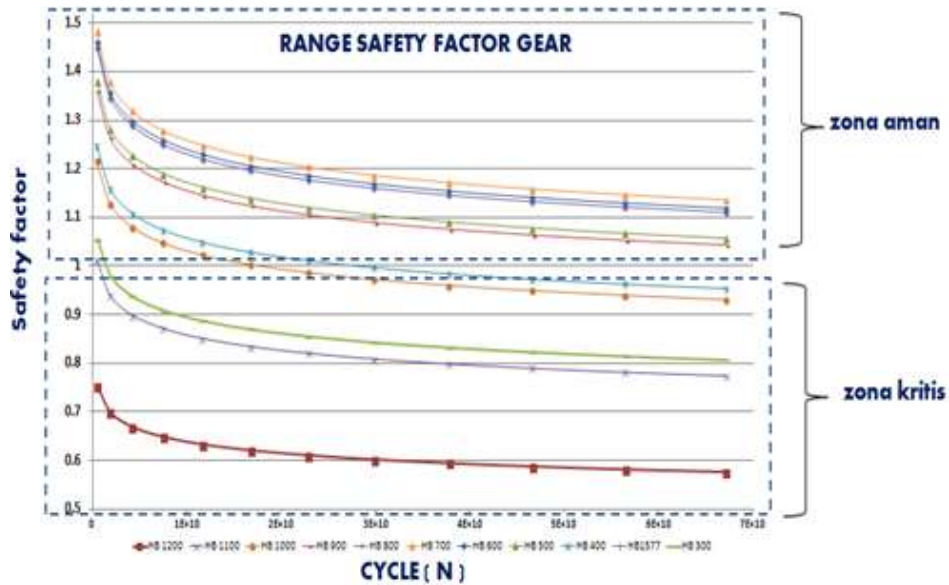
TABEL 2. Faktor Keamanan Pinion Berdasarkan Tingkat Kekerasan

NO	Hari	tahun	60	N (Cycle)	HB 1200	HB 1100	HB 1000	HB 900	HB 800	HB 700	HB 600	HB 500	HB 400	HB 300
1	183	0.5	60	467,748,000	2.91	3.92	4.70	5.27	5.62	5.75	5.66	5.35	4.83	4.08
2	365	1	60	1,865,880,000	2.70	3.64	4.36	4.89	5.21	5.34	5.25	4.97	4.48	3.79
3	548	1.5	60	4,202,064,000	2.59	3.48	4.18	4.68	4.99	5.11	5.03	4.76	4.29	3.63
4	730	2	60	7,463,520,000	2.51	3.37	4.05	4.54	4.84	4.95	4.88	4.61	4.16	3.52
5	913	2.5	60	11,668,140,000	2.45	3.29	3.95	4.43	4.72	4.83	4.76	4.50	4.06	3.43
6	1095	3	60	16,792,920,000	2.40	3.23	3.88	4.35	4.63	4.74	4.67	4.41	3.98	3.37
7	1278	3.5	60	22,865,976,000	2.36	3.18	3.81	4.27	4.56	4.66	4.59	4.34	3.92	3.31
8	1460	4	60	29,854,080,000	2.33	3.13	3.76	4.21	4.49	4.60	4.53	4.28	3.86	3.26
9	1643	4.5	60	37,795,572,000	2.30	3.09	3.71	4.16	4.44	4.54	4.47	4.23	3.81	3.22
10	1825	5	60	46,647,000,000	2.27	3.06	3.67	4.11	4.39	4.49	4.42	4.18	3.77	3.19
11	2008	5.5	60	56,456,928,000	2.25	3.03	3.63	4.07	4.34	4.44	4.37	4.14	3.73	3.15
12	2190	6	60	67,171,680,000	2.23	3.00	3.60	4.03	4.30	4.40	4.33	4.10	3.69	3.13

Pembahasan

Hasil investigasi analisa gaya-gaya yang bekerja pada *hilecal gear* yang mana gaya radial dan gaya transmisi menghasilkan beban yang sama 6984 kgf, gaya tangensial sebesar 2542 kgf sedangkan gaya F43 (gaya pusat helik) yang ditunjukkan Gambar 6 sebesar 7437,3 Kgf [ANSI/AGMA Standard 2101-D04, Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, 2004.] dan Hasil penelitian pada variasi tingkat kekerasan berkisar 300 HBN hingga 1200 HBN 1420 Rpm pada jumlah *cycle* $10^5 \sim 10^{10}$ *cycle* ditemukan pada kekerasan 500 HBN hingga 900 HBN dari hasil perhitungan *corrected bending fatigue strength gear* memiliki nilai *safety factor* 1,09~1,48 ditunjukkan Gambar 7 sedangkan *safety factor pinion* 4,033 ditunjukkan Gambar 8 [*Gear*

Nomenclature, Definition of Terms with Symbols. American Gear Manufacturers Association. ISBN 1-55589-846-7. OCLC 65562739. ANSI/AGMA 1012-G05] dimana pada variasi tingkat kekerasan bahan acetal resin tidak mempengaruhi kinerja dari pinion dan untuk kekerasan bahan 300 – 400 Bhn serta 1000- 1200 Bhn berada pada Zona kritis *safety factor gear* dibawah 1,0 hal ini ditunjukkan pada Gambar 4 dimana hasil pengujian nampak adanya crack sedangkan *safety factor pinion* masih tetap dalam zona aman ditunjukkan gambar 8, Berikut grafik jumlah cycle dengan faktor keamanan gear dan pinion berdasarkan variasi tingkat kekerasan bahan acetal resin.[ANSI/AGMA Standard 2101-D04, Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, 2004] [Training On Gear Technologi].



Gambar 7. Grafik Faktor Keamanan Gear Berdasarkan Tingkat kekerasan



Gambar 8. Grafik Faktor Keamanan Pinion Berdasarkan Tingkat kekerasan

Kesimpulan

Hasil penelitian diatas bisa diambil kesimpulan Sebagai berikut :

1. Kekerasan bahan menentukan *safety factor* pada *bending fatigue* pada hasil penelitian pada variasi tingkat kekerasan berkisar 300 HBN hingga 1200 HBN 1420 Rpm pada jumlah *cycle*

$10^5 \sim 10^{10}$ *cycle* ditemukan pada kekerasan 500 HBN hingga 900

2. HBN dari hasil perhitungan *corrected*

bending fatigue strength gear memiliki nilai *safety factor* 1,09~1,48 Ditunjukan Gambar 7 sedangkan *safety factor pinion* 4,033 ditunjukan Gambar 8.

3. Hasil analisa gaya –gaya yang terjadi pada hilecal gear menghasilkan suatu beban yang lebih pada diagram body yang ditunjukan Gambar 6 yang mana gaya radial dan gaya transmisi menghasilkan beban yang sama 6984 kgf, gaya tengensial sebesar 2542 kgf sedangkan gaya F43 Pusat sebesar 7437,3 Kgf.

Saran

1. Tingkat kekerasan pada pinion dan gear berkisar 500 HBN hingga 900 HBN sehingga hilek gear bisa bertahan hingga pemakaian 6×10^{10} Cycle atau dalam 6 tahun dengan kecepatan rata-rata 80 km/jam
2. Metode pelumasan harus lebih merata dikarena untuk membantu laju distribusi kekerasan yang merata disekitar area gear dan pinion.

Ucapan Terimakasih

Dengan kerendahan hati Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar besarnya kepada Bapak Dr. Yogi sirodz gaos, S.T, M.T. selaku kepala jurusan Teknik mesin Universitas Ibnu Khaldun dan Bapak Tachli supriyadi,Ir,M.pd. selaku kepala jurusan teknik mesin dan Bapak Gatot eka pramono kepala Lab. *Research laboratory Material and manufacturing process* Teknik mesin Universitas Ibnu Khaldun yang telah memberikan banyak arahan dalam penulisan makalah ini.

Nomenklatur

P	Pressure (Nm^{-2})
C	Celcius ($^{\circ}\text{C}$)
N	Newton (kgf)

Greek letters

wt	<i>Transmitted Load</i> (kgf)
cp	Elastisitas koefisien
T	Torque (N/m)
Kv	Velocity factor
p	Massa jenis (kg/mm^2)
HBN	Hardness Brinnel (A)

Subsripts

Nb	<i>Safety Factor Bending Fatigue Strength</i>
S'fb	<i>Uncorrected Bending Fatigue Strength</i>
Sfb	<i>Corrected Bending Fatigue Strength</i>
sb	<i>Bending Stress Strength</i>
N	Jumlah Cycles
WT	<i>Transmitted Load</i>
F43T	Gaya tengensial
F43R	Gaya Radial
Max.	Maksimal

Reference

- [1] Training On Gear Technologi
- [2] [ANSI/AGMA Standard 2101-D04, Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth, 2004.
- [3] *Backlash*, archived from [the original](#) on 2010-02-09, retrieved 2010-02-09
- [4] *Gear Nomenclature, Definition of Terms with Symbols.* [American Gear Manufacturers Association.](#) ISBN 1-55589-846-7. OCLC 65562739. ANSI/AGMA 1012-G05.
- [5] Machineery Handbook edisi 26 about Hilecal gear.
- [6] The Vibration Analysis Handbook ,taylor L James.,
- [7] Analisis Getaran, ROBERT K VIERCK, Penerbit Eresco Bandung 1995