



Analisa Kerusakan Gear Countershaft Transmission pada Sepeda Motor ANF 125 dan Optimasi Umur Pakai

Muhammad Isro Diyanto

Program Studi Magister Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta, Indonesia

E-mail : dosen01293@unpam.ac.id

Masuk : 5 April 2024

Direvisi: 22 April 2024

Disetujui: 27 April 2024

Abstract: Gear countershaft transmission on the motorcycle engine serves to move the rotary power from input shaft to gear acceleration. Damage to wear and tear on the eyes of the gears and broken on the eyes of the gears. In the event of damage, the tooth will be difficult to move, the transmission jumps out of the tooth, the engine does not work optimally and the engine raises noises. With visual observations of damage to gear countershaft, tests should be performed to ensure the cause of the damage includes testing of material composition, hardness test, tensile test and metallographic tests and microstructure observations. Analysis of test results is compared with the literature, international material standard, perm simulation and other supporting factors are expected to be the right decision reference on the main cause of the damage The conclusions of the main causes of damage are used for the development of extending life time including material improvements, manufacturing, installation methods and the adoption of appropriate maintenance management systems.

Keywords: Gear Countershaft; Damage; Testing; Maintenance.

Abstrak: Gear countershaft pada mesin sepeda motor berfungsi untuk memindahkan tenaga putar dari poros input ke gear percepatan. Kerusakan dapat terjadi karena keausan pada gigi gear atau gigi gear yang patah. Jika terjadi kerusakan, gigi gear akan sulit bergerak, transmisi akan meloncat dari gigi, mesin tidak bekerja secara optimal, dan mesin menimbulkan suara bising. Dengan pengamatan visual terhadap kerusakan pada gear countershaft, tes perlu dilakukan untuk memastikan penyebab kerusakan yang meliputi pengujian komposisi material, uji kekerasan, uji tarik, dan pengujian metalografi serta pengamatan mikrostruktur. Analisis hasil pengujian dibandingkan dengan literatur, standar material internasional, simulasi perm, dan faktor pendukung lainnya diharapkan menjadi referensi keputusan yang tepat mengenai penyebab utama kerusakan. Kesimpulan mengenai penyebab utama kerusakan digunakan untuk pengembangan perpanjangan masa pakai termasuk perbaikan material, metode manufaktur, metode pemasangan, dan adopsi sistem manajemen pemeliharaan yang tepat.

Kata kunci: Gear Countershaft; Kerusakan; Pengujian; Pemeliharaan.

PENDAHULUAN

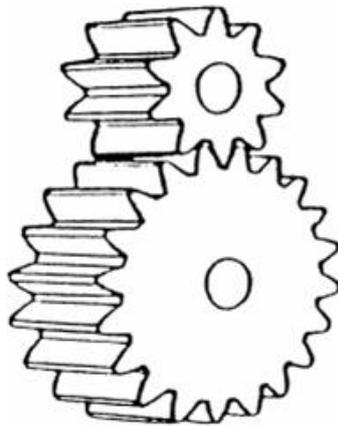
Sepeda jenis ANF 125 diproduksi PT. XX, banyak dipergunakan sekolah yang memiliki jurusan teknik sepeda motor sebagai kendaraan operasional sekolah dan kendaraan praktek untuk siswa SMK dalam mata pelajaran sistem kelistrikan, sistem chassis dan sistem pemindah tenaga. Sistem pemindah tenaga pada sepeda motor ANF 125 merupakan jenis penggerak transmisi manual yang menyalurkan tenaga dari input shaft transmisi kopling menuju output shaft penggerak roda. Salah satu sistem yang memiliki umur komponen yang panjang dan jarang terdapat kerusakan bila digunakan dengan mengikuti prosedur yang normal dan bila sepeda motor ini di gunakan untuk praktek, dengan adanya maintenance yang tepat maka akan awet. Namun pada bulan ke delapan sepeda motor mengalami kerusakan pada roda gigi 3 yang menyebabkan sepeda motor tidak dapat digunakan untuk praktek dan operasional sekolah.

Dari masalah ini, pengamatan visual pada gear transmisi menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi patahan pada area pitch gear countershaft yang kontak dengan gigi primer. Analisa kerusakan diawali dengan memastikan komposisi material dan faktor - faktor lainnya, serta perlu dilakukan pengkajian melalui tahapan pengujian laboratorium. Pengujian laboratorium meliputi uji komposisi material, uji kekerasan dan uji metalografi. Data - data hasil pemeriksaan dan pengujian diharapkan menjadi referensi analisa kerusakan dan pengambilan keputusan yang tepat.

TINJAUAN PUSTAKA

Roda gigi digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat. Rodagigi memiliki gigi di sekelilingnya, sehingga penerusan daya dilakukan oleh gigi-gigi kedua roda yang saling berkait. Rodagigi sering digunakan karena dapat meneruskan putaran dan daya yang lebih bervariasi dan lebih kompak daripada menggunakan alat transmisi yang lainnya, selain itu rodagigi juga memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan alat transmisi lainnya, yaitu:

- Sistem transmisinya lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan daya yang besar.
- Sistem yang kompak sehingga konstruksinya sederhana.
- Kemampuan menerima beban lebih tinggi.
- Efisiensi pemindahan dayanya tinggi karena faktor terjadinya slip sangat kecil.
- Kecepatan transmisi rodagigi dapat ditentukan sehingga dapat digunakan dengan pengukuran yang kecil dan daya yang besar.



Gambar 1. Roda Gigi Lurus [1]

Roda gigi harus mempunyai perbandingan kecepatan sudut tetap antara dua poros. Di samping itu terdapat pula rodagigi yang perbandingan kecepatan sudutnya dapat bervariasi. Ada pula rodagigi dengan putaran yang terputus-putus. Dalam teori, rodagigi pada umumnya dianggap sebagai benda kaku yang hampir tidak mengalami perubahan bentuk dalam jangka waktu lama.

Pembuatan roda gigi dapat dibagi dalam 2 kategori umum. Pertama adalah gear generating dimana gigi dibuat dengan cara pemotongan menyeluruh dari suatu alat terhadap benda kerja yang berotasi. Metoda yang kedua adalah gear forming dimana bentuk gigi yang diinginkan dibuat dengan suatu alat yang profil pemotongannya serupa dengan bentuk gigi yang diinginkan. Biasanya gigi dari roda gigi dipotong secara kasar dengan metode generating dan diselesaikan (finishing) menjadi ukuran yang diinginkan dengan metode forming [2].

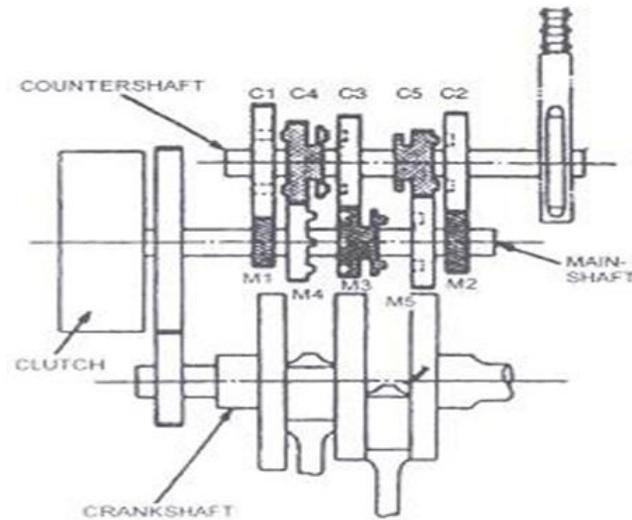
Mesin potong roda gigi desain untuk memegang kuat dengan posisi yang akurat terhadap blank roda gigi dan alat potongnya supaya pengoperasian mesin menghasilkan bentuk gigi yang diinginkan. Ada beberapa mesin roda gigi yang hopping, generating, snapping, milling, grinding, shaving dan broaching sebagai ilustrasi akan membahas mengenai hobbing, milling dan grinding.

Proses perlakuan yang diterapkan untuk mengubah sifat pada seluruh bagian logam dikenal dengan nama proses perlakuan panas / laku panas (heat treatment). Sedangkan proses perlakuan yang diterapkan untuk mengubah sifat / karakteristik logam pada permukaannya (bagian permukaan logam) disebut proses perlakuan permukaan / laku permukaan (surface treatment). Ada beberapa cara perlakuan panas pada gigi (batang gigi) diantaranya yaitu: pengerasan permukaan (case hardening) dengan Karburisasi, nitridasi, pengerasan dengan induksi (induction hardening) dan pengerasan dengan nyala api (flame hardening) [3].

Pelumasan berfungsi untuk mengurangi gesekan pada bidang kontak terhadap keausan dan menyerap panas yang terjadi pada sistem yang saling bergerak relatif. Hal ini disebabkan oleh adanya gesekan pada roda gigi sehingga timbul panas, panas ini sebenarnya tidak diinginkan, karena apabila panas ini terlalu besar, maka dapat merubah struktur atom dari bahan roda gigi dan bantalan tersebut. Hal ini akan mempermudah terjadinya fatigue atau kelelahan, yang menyebabkan umur pemakaian relatif singkat/pendek. Untuk itu diperlukan pelumasan yang baik dan mempunyai jangka waktu penggantian pelumasan yang teratur.

Transmisi sepeda motor berfungsi untuk mengatur tingkat kecepatan dan momen (tenaga putaran) mesin sesuai dengan kondisi yang dialami sepeda motor. Prinsip dasar transmisi adalah bagaimana bisa digunakan untuk

merubah kecepatan putaran suatu poros menjadi kecepatan yang diinginkan untuk tujuan tertentu. Gigi. Transmisi pada sepeda motor terbagi menjadi; a) transmisi manual, dan b) transmisi otomatis. Komponen utama dari gigi transmisi manual terdiri dari susunan gigi-gigi yang berpasangan yang berbentuk dan menghasilkan perbandingan gigi-gigi tersebut terpasang. Salah satu pasangan gigi tersebut berada pada poros utama (main shaft/input shaft) dan pasangan gigi lainnya berada pada poros luar (output shaft/ counter shaft) [2].

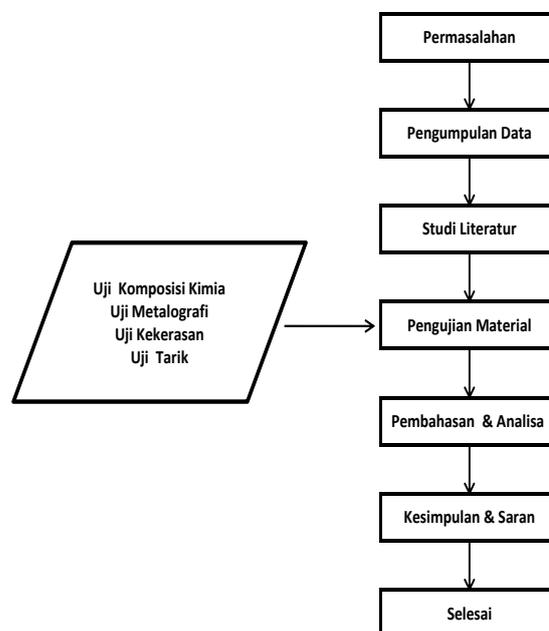


Gambar 2. Mekanisme pemindah tenaga transmisi manual [4]

METODOLOGI

Proses penelitian dalam analisa fenomena kerusakan patah, bengkok dan keropos akibat panas maupun komposisi material dan studi kelayakan Gear Countershaft Transmision pada sepeda motor ANF 125 yang dilakukan untuk mendapatkan akar penyebab kegagalan operasional dan studi kelayakan Gear Countershaft:

- 1) Identifikasi masalah
- 2) Kegiatan pengumpulan informasi data operasi dan pemeliharaan
- 3) Pemeriksaan visual dan pengukuran dimensi
- 4) Pengujian laboratorium dan analisa kekuatan
- 5) Analisa dan pembahasan serta asesmen kelayakan operasi
- 6) Kesimpulan dan saran



Gambar 3. Alur Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Riwayat Mesin dan Penggunaan Sepeda Motor ANF 125

Sepeda motor ini adalah sepeda motor bantuan yang diberikan oleh PT XX main dealer dari PT. XX untuk wilayah Jawa Barat yang peruntukan motor ini digunakan sebagai motor praktek pada SMK, terjadinya kerusakan dari gear countershaft transmission menyebabkan berhentinya kerja praktek siswa dalam kurun waktu 3 hari kerja dan operasional sekolah yang terganggu. Selama diberikan dari baru hingga saat ini sepeda motor tersebut hanya digunakan untuk praktek kelistrikan PGM-FI, praktek sistem chasis, overhaul sistem kopling sentrifugal serta digunakan sebagai kendaraan operasional sekolah.

Pengamatan Visual

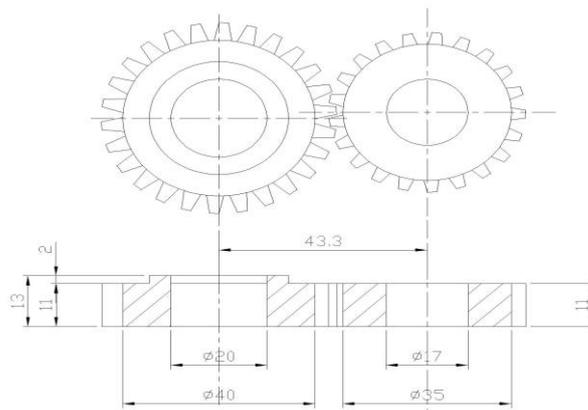
Pemeriksaan obyek secara langsung (*Inspeksi visual*) dilakukan untuk memastikan terjadinya kerusakan agar mendapatkan data - data otentik untuk proses analisa kerusakan dan upaya perbaikan.



Gambar 4. Perpatahan yang terjadi pada roda gigi 3

Pengukuran Dimensi

Pengukuran dimensi roda gigi yang mengalami perpatahan meliputi pengukuran gear countershaft dan gear mainshaf ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Mainshaft dan countershaft gear 3 Transmisi 2 dimensi

Tabel 1. Tabel hasil pengukuran

Pengukuran mainshaft	Gear mainshaft	Gear countershaft
Jumlah gigi	21	26
Diameter dalam	17 mm	20 mm
Lebar gigi	9.60 mm	11 mm
Puncak kepala	9 mm	9 mm
Lingkar kaki	106.76 mm	125.6 mm
Lingkar bagi lingkaran	119.32 mm	138.16 mm
Lingkar kepala	131.88 mm	150.72 mm
Tinggi kepala	4 mm	4 mm
Tinggi kaki	2 mm	2 mm

Analisa Terjadi Kerusakan Main dan Countershaft Transmisi

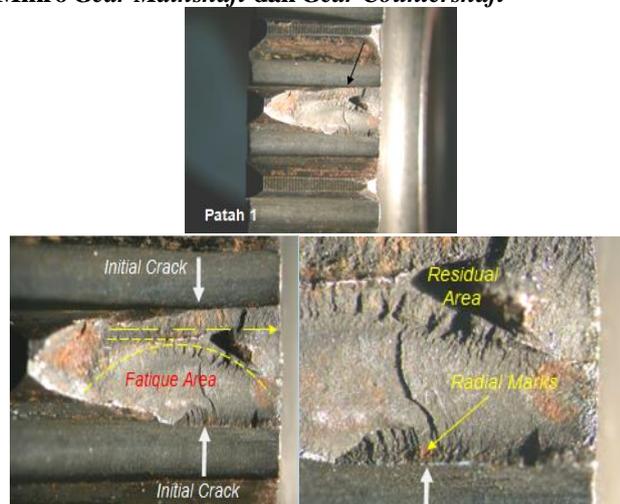
1. Fault Tree Analysis (FTA)

Sebelum membahas lebih detail terjadinya kerusakan pada gear countershaft, berikut adalah fault tree analysis (FTA) dari penelitian ini:



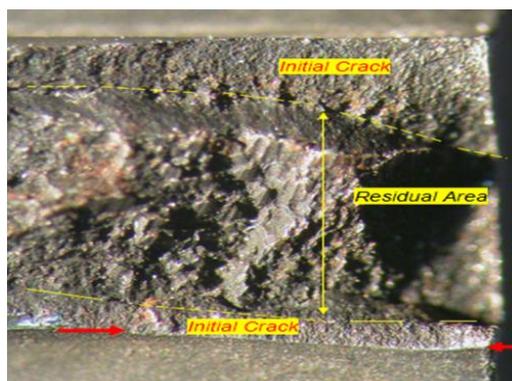
Gambar 6. Diagram alir Fault tree analysis

2. Analisa Struktur Mikro Gear Mainshaft dan Gear Countershaft



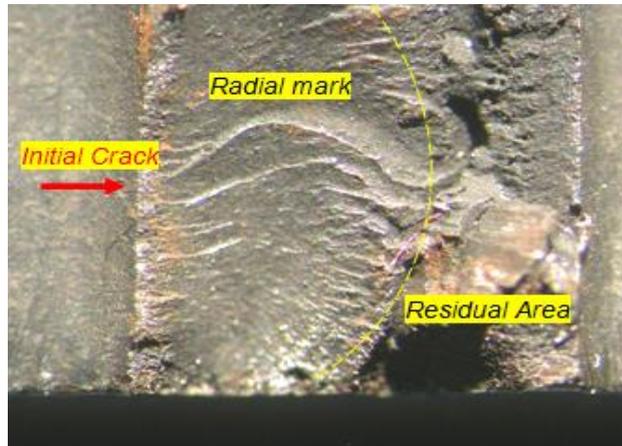
Gambar 7. Patah lelah dan patah sisi pada sampel A titik 1

Pada gambar 7. diatas patahan pada sampel A lokasi titik 1 berupa rompal hampir sepanjang puncak gigi, dengan awal patah dimulai dari titik radial mark dan dilanjut dengan daerah patah lelah (fatigue) sedangkan patah sisa terjadi sebelum susulan radial mark dari kaki sebelahnya yang kemudian dilanjut dengan patah sisa (residual fracture).



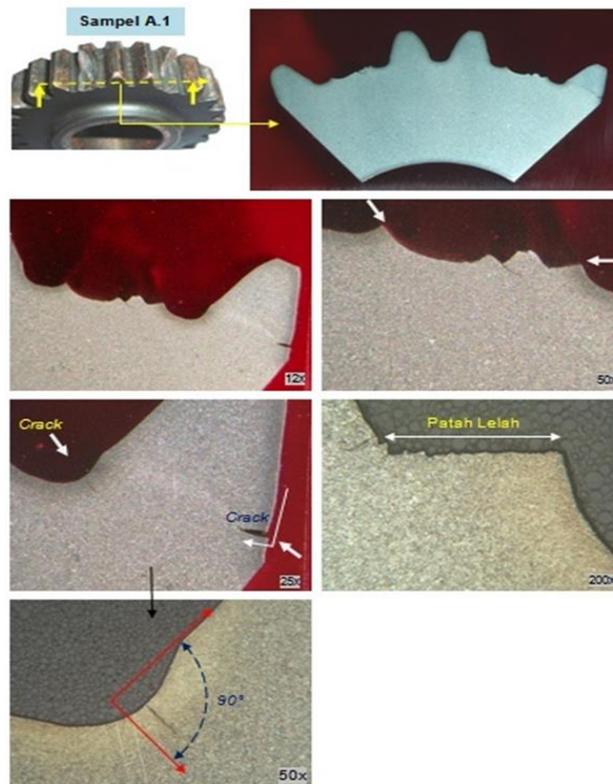
Gambar 8. Patahan pada titik 2 yang memiliki sedikit radial mark

Untuk sampel A pada lokasi titik 2 kondisi patahan sepanjang 9 mm dipuncak gigi, dapat dilihat pada Gambar 8 di atas, awal patah terjadi di dua sisi kaki gigi disebabkan adanya beban kerja bolak-balik, dari bentuk awal patah yang mempunyai sedikit alur garis (radial mark) yang menunjukkan bahwa gaya yang bekerja cukup berat mengingat daerah patah sisa lebih lebar. Metalografi atau mikroskopi terdiri dari pembahasan mikroskopik dari karakteristik struktur sebuah logam atau sebuah paduan.^[5]



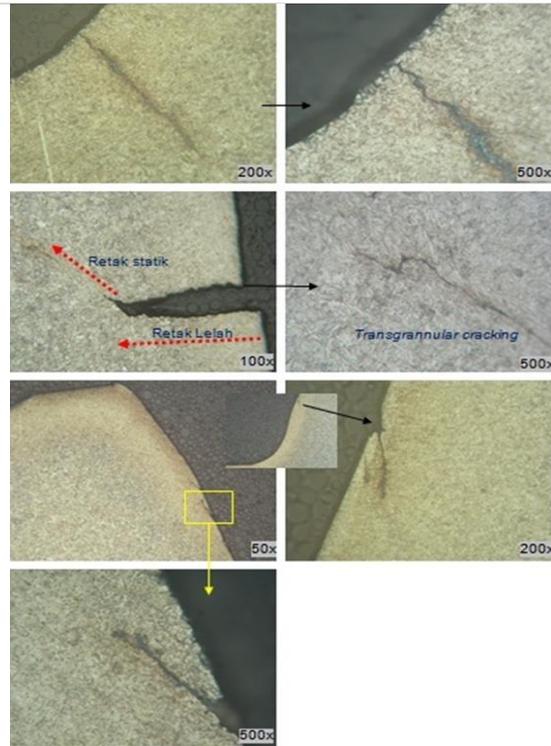
Gambar 9. Patahan pada titik 3 yang memiliki radial mark cukup lebar

Patahan-3 sepanjang 8 mm dipuncak gigi seperti yang terlihat pada gambar 4.14 di atas. Awal patah terjadi satu dan mempunyai alur garis (radial mark) yang cukup lebar $\frac{3}{4}$ bagian sedangkan patah sisa mempunyai $\frac{1}{3}$ bagian luar dari patahan.



Gambar 10. Pemeriksaan Gear Countershaft dari bentuk awal patah

Pada gambar 10 di atas dapat dilihat Pemeriksaan pada Roda gigi A sampel A.1. Dari bentuk awal patah dan sebab terjadinya patah lelah (fatigue fracture) adalah adanya beban dinamis berulang yang menghasilkan retak tegaklurus terhadap bidang patah (90°). Pada Gambar 4.15 diperlihatkan patah awal mempunyai permukaan rata dan bentuk radial mark.



Gambar 11. Retak yang terjadi pada gear countershaft

Pada gambar 11 di atas, Retak terjadi berada dikaki roda gigi karena daerah tersebut merupakan daerah konsentrasi tegangan yang paling besar, selain cacat aus pada sisi gigi yang bersinggungan terdapat pula cacat deformasi /lipatan akibat beban bentur antar roda gigi A dan B.

3. Analisa Komposisi Kimia

Berdasarkan hasil pemeriksaan visual, dipandang perlu untuk melakukan pengujian analisa komposisi kimia sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil uji komposisi kimia

Unsur	Kadar (%)	Kadar (%)
	Gear countershaft Rusak	Gear countershaft Baru
Fe	97.1	97
C	0.190	0.44
Si	0.278	0.284
Mn	0.806	0.812
Cr	1.14	1.07
Ni	0.0237	0.0426
Mo	0.182	0.17
Cu	0.0189	0.04172
Al	0.0473	0.045
V	0.0116	0.06822
Ti	0.0014	1.80283
S	0.0095	0.0175
P	0.0186	< 0.0050
Co	0.182	0.185
Nb	0.0644	0.03207
W	0.0381	0.04683
Pb	0.0238	0.04828

4. Analisa Uji Kekerasan

Analisa kekerasan pada gear countershaft dimaksudkan untuk menganalisa kerusakan yang diakibatkan beban yang diterima. *Hardening* adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai ke temperatur pengerasannya (temperatur austenisasi), dan menahannya pada temperatur tersebut

untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan dengan laju pendinginan yang sangat tinggi atau di *quench* agar diperoleh kekerasan yang diinginkan.[6] Gear countershaft mengalami kerusakan yang terjadi pada kepala roda gigi , pada permukaan gigi tersebut tidak terdapat tanda-tanda bekas korosi. Seperti pada gambar 12, dan dijelaskan pada tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Hasil uji kekerasan

NO.	NILAI KEKERASAN, HV (kg/mm ²)		
	Gear Main shaft	Roda Gigi 2	
		Gear Counter shaft 1	Gear Counter shaft 2
1	712	676	699
2	503	435	712
3	699	423	795
4	447	739	712
5	358	500	739
6	345	647	712
7	781	441	712
8	447	412	407
9	739	753	-
10	712	732	-

Analisa Penyebab dan Mekanisme Kerusakan

Berdasarkan DIN 3979 dapat dikatakan bahwa kerusakan yang terjadi adalah patah lelah (*fatigue fracture*) adalah adanya beban statis lalu dilanjut beban dinamis berulang yang menghasilkan retak dan diteruskan beban statis hingga akhirnya patah.

Penanggulangan dan Usaha Memperpanjang Umur Pakai Gear Countershaft

Kerusakan logam pada dasarnya bisa diketahui / dideteksi dari gejala - gejala perubahan sifat, perubahan visual dan analisa pendekatan perhitungan, adapun kerusakan tersebut secara umum disebabkan oleh :

- a. Tekanan atau beban mekanik yang disebabkan oleh beban yang berulang - ulang dan terus menerus akibat gesekan, benturan dan grafitasi.
- b. Faktor pelumasan menyebabkan terjadinya perbedaan *viscousitas* yang melapisi permukaan roda gigi.
- c. Pengerasan permukaan *case hardening layer* yang terlalu tipis tidak sesuai standart, menyebabkan kekuatan standart gear countershaft tidak didapat.

System Pemeliharaan Transmisi Sepeda Motor

Kegiatan pemeliharaan atau *maintenance* merupakan suatu kebutuhan dalam kegiatan operasional dan penggunaan sepeda motor sebagai kendaraan praktek. Usaha untuk menjamin keberlangsungan sepeda motor untuk kendaraan praktek dan operasional dilakukan kegiatan pemeliharaan dan perawatan meliputi :

- a. Kegiatan pengecekan fungsi komponen mesin, peralatan pendukung, alat keselamatan kerja dilakukan diawal dan akhir proses kegiatan belajar dengan mengisi checklist penggunaan sepeda motor.
- b. Kegiatan administrasi pencatatan jika terjadi permasalahan dan perencanaan perbaikan, pelaksanaan dan penanggungjawab perbaikan
- c. Perbaikan atas kerusakan yang terjadi di awali dengan analisa kerusakan atau kegagalan berdasarkan fungsi dan standar operasional, dilanjutkan dengan analisa kerusakan secara menyeluruh.
- d. Penggantian spare part dilakukan jika diketahui sudah tidak sesuai dengan peruntukannya sehingga waktu perbaikan (*breakdown*) akan terkendali.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada BAB IV dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1. Gear Countershaft 3, mengalami patah lelah (*fatigue fracture*) karena adanya beban kerja bolak-balik yang disebabkan engine brake pengendara dari gigi 4 ke gigi 3, kerja roda gigi ini sangat berat.
- 2. Kontak logam dengan logam terjadi pada gear countershaft saat pembebanan tinggi dan *viscositas* oli yang rendah dimana lapisan pelumasnya menjadi sangat tippis sehingga kontak antara permukaan gigi tidak dapat dihindari. Disebabkan karena kekurangan pelumas dan kotornya pelumas karena telah melewati batas penggunaan.

3. Dari photo makro disimpulkan roda gigi mengalami bidang pengerasan permukaan (case hardening layer) yang sangat tipis kurang dari standart.
4. Tidak ada kesalahan pada desaian roda gigi serta material yang digunakan untuk roda gigi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan Elemen Mesin: Edisi II*. Jakarta: Pradya Paramitha, 1985.
- [2] W. Arismunandar and O. Hirao, *Pedoman untuk mencari sumber kerusakan, merawat dan menjalankan kendaraan bermotor*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1991.
- [3] P. H. Black, *Machine Design*. New York: McGraw-Hill, 1986.
- [4] E. Sigar, *Buku Pintar Otomotif: Panduan Lengkap Perawatan Mobil*. Jakarta: Delapratasa Publishing, 2007.
- [5] Daryus. Asy'ari, *Struktur dan Sifat Material*. Jakarta: Teknik Mesin Universitas Darma Persada, 2010.
- [6] W Suratman, R., *Panduan Proses Perlakuan Panas*, Bandung: Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung, 1998.