

Kaji Karakteristik Roda Gigi Metode Fotomekanika Dalam Upaya Mempertahankan Umur Pakai

Danny Pelupessy¹, Akiludin Ely² dan, Egbert A. Matatula³
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233
danny.pelupessy@fatek.unpatti.ac.id

²Jurusan Studi Teknik Mesin Universitas Pattimura
Email : akiludinely@hotmail.com

³Jurusan Studi Teknik Mesin Universitas Pattimura
Email : egbertaxel@gmail.com

Abstrak Mekanisme yang paling luas digunakan untuk transformasi gerakan rotary adalah roda gigi. Dimana interkoneksi dua roda gigi saling bersinggungan dapat mentransmisikan gerakan rotasi dan membentuk serangkaian kerja mekanisme secara konsisten. Kekuatan dan kualitas gigi berhubungan dengan tegangan yang timbul pada saat pembebanan pada gigi. Keuntungan utama dari roda gigi adalah reabilitas tinggi, dimensi kecil, serta fleksibilitas untuk berbagai transmisi mekanik. Karena profil kontur gigi yang melengkung dengan radius bervariasi maka perhitungan kekuatan gigi, perhitungan lentur, kekuatan kontak dan ketahanan menjadi sangat kompleks. Penelitian ini dilakukan untuk melihat kualitas roda gigi, dengan meneliti beberapa parameter : faktor bentuk gigi, Y dan koefisien konsentrasi tegangan, α_σ . Penelitian menggunakan model gigi yang terbuat dari bahan peka optik dan metode fotomekanik. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perubahan sudut pembebanan dari 20° sampai 28° didapat koefisien bentuk gigi berubah menjadi besar 35 sampai dengan 40%.

Kata kunci: rotary, roda gigi, tegangan

Abstract

The most widely used mechanism for the transformation of rotary motion is the gear. Where the interconnection of two gears in contact with each other can transmit rotational motion and form a series of working mechanisms consistently. The strength and quality of the teeth are related to the stresses that arise when loading on the teeth. The main advantages of gears are high reliability, small dimensions, as well as flexibility for various mechanical transmissions. Due to the curved contour profile of the tooth with varying radius, the calculation of tooth strength, flexural calculation, contact strength and resistance becomes very complex. This research was conducted to see the quality of the gears, by examining several parameters: tooth shape factor, Y and stress concentration coefficient, . The study used a tooth gear model made of optically sensitive materials and photomechanical methods. The experimental results show that when the load angle changes from 20 to 28, the coefficient of tooth shape changes from 35 to 40%.

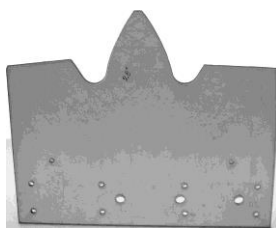
Keywords: rotary, tooth gear, stress

1. PENDAHULUAN

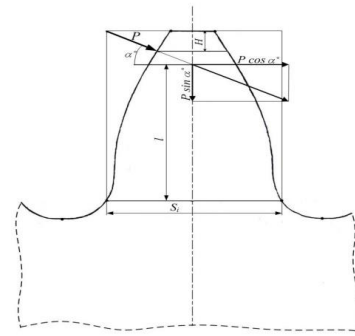
Upaya meningkatkan umur pakai gigi perlu untuk menjamin fungsi transmisi dapat berjalan dengan baik. Untuk itu diperlukan perhitungan kekuatan kontak yang menentukan karakteristik ketahanan, mempelajari distribusi beban di gigi, mengevaluasi keadaan tegangan selama rotasi, dan memecahkan masalah khusus lainnya. Penelitian-penelitian terdahulu telah dilakukan untuk meneliti kompresi pada gigi pada komponen radial dengan beban normal dengan membuat beberapa kontur gigi yang pengerjaannya rumit. Metode polarisasi optik dipakai memiliki kelebihan, diantaranya mampu menganalisa distribusi tegangan di sepanjang kontur gigi.[1][2][3] Tahap pertama penelitian ditujukan untuk mengklarifikasi nilai-nilai koefisien bentuk gigi ketika menghitung lenturan. Parameter dasar penunjuk kualitas roda gigi adalah koefisien bentuk gigi, Y , koefisien konsentrasi tegangan, α_σ , dan gradient tegangan pada zone konsentrasi, G . [1]

2. BAHAN DAN METODE

Metode polarisasi optik didasarkan pada sifat transparent model, sifatnya jika dikenai tegangan akan memperoleh anisotropi optik.[1] Tingkat anisotropi tergantung dari keadaan deformasi tegangan. Kekerasan dan kualitas dari roda gigi tidak terlepas dari tegangan yang timbul akibat pembebanan. Sehubungan dengan itu, maka riset ini menerapkan metode untuk mempelajari perlakuan tegangan pada roda gigi. Untuk riset ini menggunakan model bidang datar. Material model dengan dasar epoksid memiliki sifat anisotropi, suatu sifat yang timbul manakala model dari polimer ini mengalami deformasi. Refraksi ganda yang disebabkan anisotropi optik akan timbul pada model selama proses deformasi berlangsung.



Gbr.1 Model

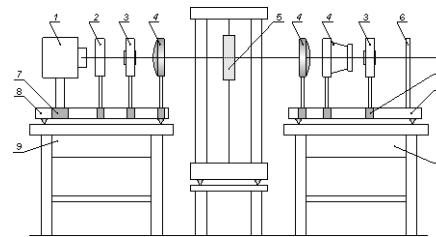


Gbr.2 Skema pembebanan pada profil gigi

2.1. Prosedur Penelitian

Fokus penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar tegangan pada kontur gigi jika dibebani, baik tegangan maksimal maupun tegangan nominal, selain juga besar koefisien bentuk gigi.

Eksperimen dilakukan di laboratorium foto mekanika, pada instalasi proyeksi polarisasi (PPU-7). Instalasi PPU-7 digunakan untuk eksperimen yang mengacu pada metode Polarisasi optik.[1] Model terbuat dari bahan polimer transparan yang memiliki sensitivitas optik.



Gbr.3 Instalasi proyeksi polarisasi PPU-7

1. sumber cahaya; 2. filter cahaya; 3. polarisator dan analisator; 4. sistem optik pembuat sinar parallel; 5. model; 6. layar; 7. support; 8. Penumpu; 9. Meja kerja

Eksperimen dilakukan terhadap 3 (tiga) model gigi dengan modul (m) = 30 mm dan tebal (t) =5 mm. Material model adalah methyl tetra hidroftal (ED6-MTGFA). Model datar ini dibuat berbentuk segmen 3 sedemikian sehingga mudah diikat pada rangka yang ditempatkan pada meja eksperimen (mesin Polarisasi-polariskop). Mekanisme pembebanan gigi dipakai dinamometer berbentuk disk berdiameter \varnothing 17 mm, yang terbuat dari material yang sama dengan material model. Pengamatan dari eksperimen menunjukkan setelah pembebanan tampak terlihat susunan garis pada pusat dinamometer.

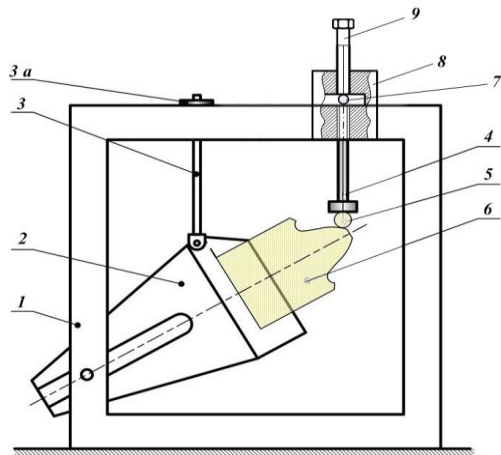
Urutan kerja dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. model (No. 1) dipasang pada rangka pembebanan, sedemikian sehingga bidang

normal pembebanan sejajar dengan sumbu vertikal;

2. disk dipasang di atas model (lihat skema);
3. rangka pembebanan ditempatkan di PPU-7;
4. model kemudian disinari, pembebanan dilakukan perlahan-lahan dengan mekanisme baut-mur;
5. beban dinaikan perlahan-lahan, hingga muncul susunan garis pada pusat dinamometer dan kontur model;
6. fotogram model saat pembebanan, diabadikan dengan kamera foto;

eksperimen selanjutnya dilakukan pula terhadap model No.2 dan No.3.



Gbr.3 Skema pembebanan dengan mekanisme baut-mur

Koefisien bentuk gigi (Y)

Hubungan dasar yang menunjukkan kekuatan bending dari roda gigi adalah:

$$\sigma_{bend} = f(P, m, b, Y)$$

Dimana Y adalah koefisien bentuk gigi.

$$Y_M = \frac{P}{m \cdot b \cdot \sigma_{max}} \tag{1}$$

dimana : *b* – tebal model gigi, mm

m – modul gigi, mm

σ_{max} – tegangan maksimal pada zone konsentrasi terbesar, MPa

P – gaya normal, Newton

Koefisien konsentrasi tegangan (α_σ)

Koefisien konsentrasi adalah besaran nir मात्रा yang menunjukkan hubungan antara tegangan maksimal di zone kritis terhadap tegangan nominal, tanpa memperhitungkan efek lokasi pembebanan.

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{nom}} \tag{2}$$

σ_{max} dihitung berdasarkan eksperimen dengan menggunakan rumus : $\sigma_{max} =$

$n_{max} \sigma_0^b$, dimana

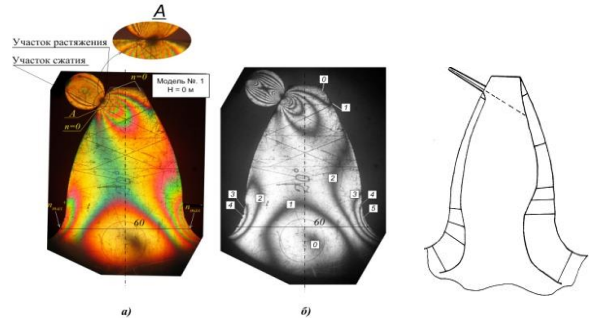
σ_0^b – nilai optik garis anisotropi

n_{max} – susunan garis pada kontur.

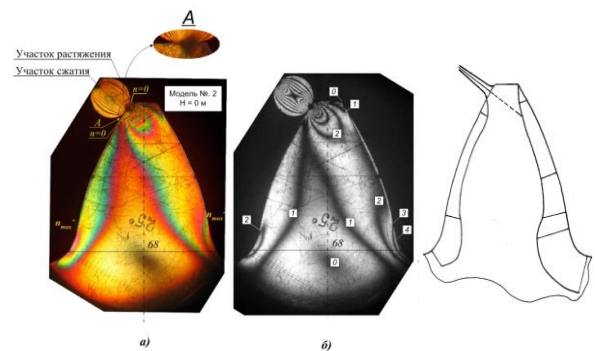
Tegangan nominal σ_{nom} dihitung dengan rumus:

$$\sigma_{nom} = \frac{6P_n l \cos \alpha}{b \cdot S_i} - \frac{P_n \sin \alpha}{b \cdot S_i} \tag{3}$$

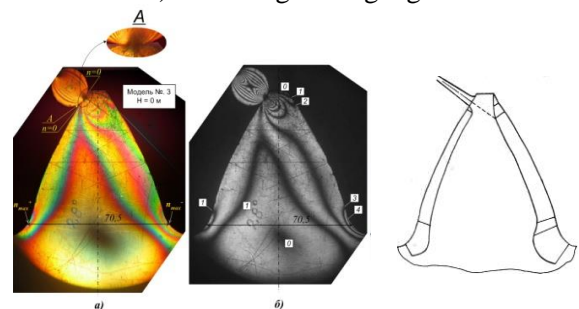
3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gbr. Fotogram model gigi № 1 ($\alpha=20^\circ$; $z=20$; $P=600$ N) dan diagram tegangan kontur.



Gbr. Fotogram model gigi № 2 ($\alpha=25^\circ$; $z=20$; $P=600$ N) dan diagram tegangan kontur.



Gbr. Fotogram model gigi № 1 ($\alpha=28^\circ$; $z=20$; $P=600$ N) dan diagram tegangan kontur.

Fotogram model gigi hasil eksperimen memperlihatkan distribusi tegangan terjadi selama proses pembebanan. Informasi pola distribusi tegangan (jumlah garis yang timbul pada kontur) digunakan untuk menghitung koefisien bentuk gigi (Y) dan koefisien konsentrasi tegangan (α_σ).

Koefisien bentuk gigi (Y) dihitung berdasarkan rumus (1), sedangkan koefisien konsentrasi tegangan menurut rumus (2). Selain itu dari fotogram kemudian dibangun diagram tegangan (epyr).

Parameter dan hasil perhitungan disajikan dalam tabel-tabel berikut ini:

Tabel 1. Koefisien bentuk gigi (Y)

Nomor model	Sudut pembebanan, α°	z	N/m	Y_M	Koefisien konsentrasi α_σ
1	20	20	0	0,287	1,40
			0.5	0,367	1,54
			1.0	0,466	1,80
2	25	20	0	0,338	1,53
			0.5	0,432	1,77
			1.0	0,555	2,28
3	28	20	0	0,393	1,69
			0.5	0,520	2,08
			1.0	0,655	2,87

Tabel 2. Konsentrasi tegangan (α_σ)

Nomor model	Sudut pembebanan, α°	z	N/m	Koefisien konsentrasi α_σ
1	20	20	0	1,25
			0.5	1,51
			1.0	1,88
2	25	20	0	1,48
			0.5	1,97
			1.0	3,18
3	28	20	0	1,63
			0.5	1,98
			1.0	3,83

Selain itu, sebagai perbandingan dengan hasil yang didapat lewat eksperimen metode Polarisasi optik (photo mechanics), berikut ini disajikan hasil perhitungan parameter roda gigi yang didapat dengan beberapa metode; antara lain : metode “Hipotesa potongan irisan” dan AGMA (European Standard)

Tabel 3. Hasil eksperimen metode “Hipotesa potongan irisan”

Nomor model	Sudut pembebanan, α°	z	N/m	Y_M	α_σ
1	20	20	0	0,287	1,40
			0.5	0,367	1,54
			1.0	0,466	1,80
2	25	20	0	0,338	1,53
			0.5	0,432	1,77
			1.0	0,555	2,28

3	28	20	0	0,393	1,69
			0.5	0,520	2,08
			1.0	0,655	2,87

Tabel 4. Hasil eksperimen AGMA (European Standard)

Nomor Model	Sudut pembebanan, α°	z	N/m	Y_M
1	20	20	0	0,278
			0.5	0,358
			1.0	0,427
2	25	20	0	0,337
			0.5	0,397
			1.0	0,505
3	28	20	0	0,412
			0.5	0,505
			1.0	0,618

4. KESIMPULAN

1. Metode pemodelan fisik (Polarization optical method) yang diterapkan pada model roda gigi dengan bahan polimer (optical sensitive material), dapat menilai kualitas roda gigi.
2. Hasil eksperimen dan hasil perhitungan metode yang lain menunjukkan banyak kesepadanan.
3. Perubahan sudut pembebanan (α) pada profil dari $20^\circ \div 28^\circ$, menunjukkan koefisien bentuk gigi berubah membesar $35\% \div 40\%$, yang berarti kekuatan lentur (bending strength) roda gigi meningkat 1,3.

PUSTAKA

- [1] Кошеленко, А.С. ; Позняк, Г.Г., Теоретические основы и практика фотомеханики в машиностроении. Moscow: Граница, 2004.
- [2] Рогов, В.А.; Кошеленко, А.С.; Хишова, Е.С., Исследование напряженного состояния зубчатого венца на оптических моделях от сил зажима в самоцентрирующем патроне, pp. 29-37.
- [3] Рогов, В.А.; Кошеленко, А.С.; Жедь, О.В.; Хишова, Е.С., Исследование методом фотомеханики напряженно-деформированного состояния зубчатого венца от сил зажима в самоцентрирующем патроне на этапах механической обработки, pp. 19–22, 2016.
- [4] Durelli, A.J., Riley, W.F., Introduction To Photomechanics, Prentice-Hall, 1965.

- [5] Babenkova, E., Method for determining the tooth shape coefficient of gears by polarization-optical method , Proceedings Russian Institute of Standardization and Certification in Mechanical Engineering 7th edition, p.45-53, 2000.
- [6] Pelupessy, D., Studying of Bending Strength for a Toothed gear, Master's thesis, Peoples Friendship University of Russia, 2005.
- [7] Kopylov V.V., Koshelenko A.S., Poznjak Eksperimental'no-analiticheskoe issledovanie naprjazhenij v prirezcovej oblasti. Deponirovana VINITI 13. 11. 2000. No.2904 – V00, - p.16 .
- [8] Koshelenko A.S. Issledovanie dinamometricheskogo ustrojstva dlja izmerenija sil rezanija na ploskih modeljah metodom fotouprugosti. Materialy NTK, posvjashhennoj 25-letiju kafedry tehnologii mashinostroenija. – M.; UDN, 1988. P130-135.
- [9] Pankratov S.A., Babenkov I.S., Podzharov E.I., Koshelenko A.S. Izuchenie naprjazhennogo sostojanija zubchatyh koles pri perezaceplenii. Trudy VII Vsesojuznoj konferencii po poljarizacionno-opticheskomu metodu issledovanija naprjazhenij. AN JESSR, Tallin.1971. p.155-156.
- [10] Pankratov S.A., Koshelenko A.S., Podzharov E.I., Babenkov I.S. Issledovanie dinamiki zubchatyh peredach. Sbornik nauchnyh rabot aspirantov inzhenerenogo fakul'teta. Vypusk VIII, UDN, M., 1971.
- [11] Poznjak G.G., Rogov V.A., Koshelenko A.S. Matematicheskaja model' naprjazhenij i deformacij v prirezcovej zone struzhki. Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Tom 305. 2002 g., Vyp. 1., p.114-119.
- [12] Poznjak G.G., Koshelenko A.S. Issledovanie naprjazhenij i deformacij zerna metalla na matematicheskoi i poljarizacionno-opticheskoj modeljah. Tehnologija metallov No.5., p.38-42, 2003.