

Analisis Dimensi Tebal Gigi pada Roda Gigi Lurus Modul 2 dengan $Z=27$ dan $Z=29$ Hasil Proses *Hobbing* terhadap Standar ISO No. 1328

Antonius Adi Soetopo, Asri Renggani

Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Jurusan Teknik Manufaktur
Politeknik Manufaktur Bandung
Jl. Kanayakan No. 21 Bandung 40135
e-mail : adisutopo@yahoo.co.id

Abstrak

Roda gigi lurus adalah elemen mesin yang paling sering digunakan pada sistem transmisi. Roda gigi lurus dapat dibuat melalui mesin hobbing guna menjaga keseragaman geometri dalam produksi massal. Pengukuran tebal gigi merupakan cara yang efektif dan penting saat dilakukan penyetalan guna menghasilkan produk dengan kualitas yang baik. Penelitian ini berkaitan dengan analisis dimensi tebal gigi pada roda gigi lurus hasil proses hobbing terhadap standar ISO no. 1328. Pada ISO no. 1328 dijelaskan bahwa kualitas tebal gigi dari hasil proses di mesin hobbing harus dapat memenuhi daerah 6 – 10. Pengukuran tebal gigi dilakukan dengan menggunakan gear tooth vernier caliper. Guna menganalisis ketentuan tebal gigi terhadap standar ISO no.1328 maka dilakukan percobaan dengan membuat roda gigi lurus baru modul 2 dengan $z=27$ dan $z=29$. Kemudian pembentukan profil roda gigi lurus dengan mesin hobbing. Produk roda gigi lurus baru kemudian dianalisis dan dibandingkan hasilnya dengan roda gigi pembanding. Berdasarkan analisis kualitas tebal gigi, spare part mesin berkualitas 6KM. Adapaun produk baru yaitu pada $z=29$ dapat mencapai kualitas 8CE.. Sehingga dapat disimpulkan bahwa produk roda gigi lurus dapat dibuat sesuai dengan standar ISO no.1328 dengan syarat tercapainya ketepatan langkah kerja pembuatan.

Kata kunci: roda gigi lurus, hobbing, tebal gigi, toleransi ISO, gear tooth vernier caliper

1. Pendahuluan

Roda gigi lurus merupakan elemen mesin yang paling umum digunakan pada penerus daya. *Hobbing* dijadikan alternatif dalam pembuatan produksi roda gigi massal. *Hobbing* adalah proses pemesian yang digunakan untuk menghasilkan produk seragam dengan standar geometri yang baik. Data menunjukkan bahwa profil roda gigi hasil proses *hobbing* tidak selalu seragam. Kualitas roda gigi dipengaruhi oleh metode proses pembuatan dan pengukuran.

Pada dasarnya pemeriksaan untuk semua jenis roda gigi adalah sama yaitu lebih menitik beratkan pada pemeriksaan bentuk fisik dari roda gigi dan bentuk dari giginya, kemudian dijabarkan atau dikembangkan pada pemeriksaan elemen-elemen yang lain. Kesalahan dari bentuk profil gigi dan jarak antar gigi sebenarnya dapat terjadi karena berbagai macam faktor dan sulit dikontrol. Namun, pengukuran tebal gigi merupakan salah satu cara yang efektif dan penting saat dilakukan penyetalan, maupun pengontrolan jalannya proses supaya dihasilkan roda gigi dengan kualitas seperti yang dihendaki.

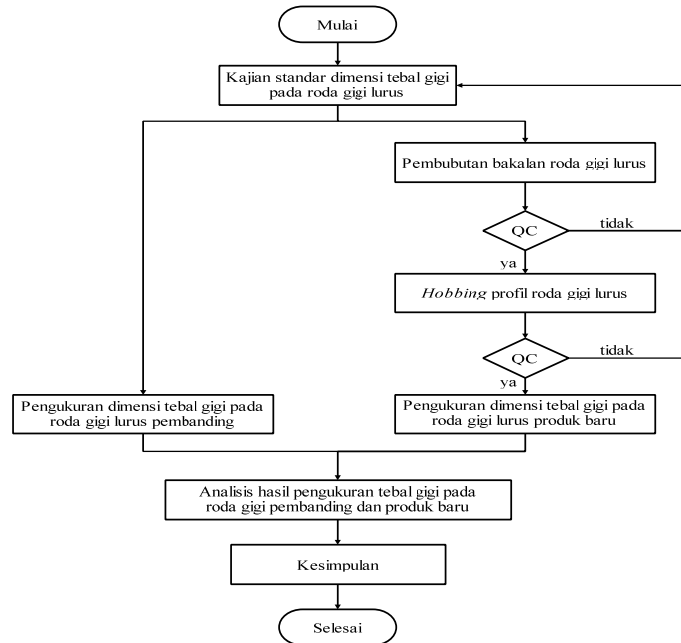
Proses pembuatan roda gigi lurus dilakukan dari pembuatan bakalan roda gigi pada mesin bubut hingga pembentukan profil pada mesin *hobbing*. Kemudian tebal gigi diukur menggunakan *gear tooth vernier caliper*. Hasil pengukuran menunjukkan terdapat ketidak seragaman pada tebal gigi produk lama. Terdapat standar tebal gigi yaitu pada ISO no.1328 dimana terdapat ketentuan atau daerah toleransi yang sebenarnya diperuntukan untuk *hobbing*.

Berdasarkan penjelasan di atas, dibuatlah roda gigi lurus baru yang dikontrol selama proses pembuatannya untuk kemudian dianalisis berdasarkan ketebalan gigi yang terbentuk. Sehingga

penelitian ini akan membahas mengenai analisis dimensi tebal gigi pada roda gigi lurus modul 2 $z=27$ dan $z=29$ hasil proses *hobbing* terhadap standar ISO no.1328.

2. Perencanaan dan Pembuatan

Adapun rangkaian proses pekerjaan yang dilakukan pada tugas akhir ini dapat dijabarkan seperti pada diagram alir **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram alir pembuatan roda gigi lurus

2.1 Kajian Standar Geometri Roda Gigi Lurus

Berikut ini adalah dimensi standar geometri pada roda gigi lurus modul 2 untuk $z=27$ dan $z=29$ yang digunakan sebagai acuan dalam proses pembuatan maupun pengukuran, lihat **Tabel 1**.

Tabel 1 Conversion table untuk modul 2 pada $z=27$ dan $z=29$

Menentukan	Rumus	$m = 2$ $z = 27$	$m = 2$ $z = 29$
Pitch Diameter	$D = m \cdot z$	$D = 2 (27) = 54$	$D = 2 (29) = 58$
Circular Pitch	$p = m \cdot \pi = \frac{D}{z} (\pi)$	$p = \frac{54}{27} (\pi) = 2\pi = 7,28$	$p = \frac{58}{29} (\pi) = 2\pi = 7,28$
Number of Teeth	$z = \frac{D}{m}$	$z = \frac{54}{2} = 27$	$z = \frac{58}{2} = 29$
Addendum	$h_a = m$	$h_a = 2$	$h_a = 2$
Dedendum	$h_f = 1,25 m$	$h_f = 1,25 (2) = 2,5$	$h_f = 1,25 (2) = 2,5$
Outside Diameter	$D_o = D + 2m = m(z + 2)$	$D_o = 2(27 + 2) = 58$	$D_o = 2(29 + 2) = 62$
Root Diameter	$D_r = D - 2,5 m$	$D_r = 54 - 2,5 (2) = 49$	$D_r = 58 - 2,5 (2) = 53$
Base Circle Diameter	$D_b = D \cos \alpha$	$D_b = 54 \cos 20^\circ = 50,743$	$D_b = 58 \cos 20^\circ = 54,502$
Tooth Thickness	$s = \frac{\pi}{2} (m) = \frac{p}{2}$	$s = \frac{\pi}{2} (2) = 3,14$	$s = \frac{\pi}{2} (2) = 3,14$

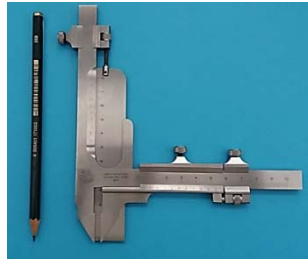
*Keterangan : seluruh satuan dalam mm

2.2 Prosedur Pengukuran Roda Gigi Lurus

Langkah kerja pembuatan roda gigi lurus diawali dengan pembubutan bakalan. Tahapan proses pembuatan bakalan roda gigi dibuat dengan ketentuan toleransi diameter bakalan sebesar 0,036 – 0,1 mm. Adapun toleransi silindrisitas bakalan adalah sebesar 0,011 – 0,028 mm. Tahapan proses *hobbing* roda gigi lurus dipastikan dengan pengaturan jarak *cutter* dan bakalan roda gigi sedekat mungkin guna mendapat referensi titik nol terbaik.

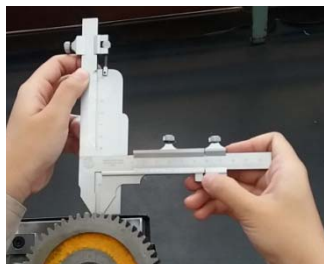
2.3 Prosedur Pengukuran Roda Gigi Lurus

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui dimensi tebal roda gigi. Alat pengukur tebal gigi disebut *gear tooth vernier caliper* dengan kecermatan 0,02 mm, seperti ditunjukkan **Gambar 2**.



Gambar 2 Gear tooth vernier caliper

Langkah awal dalam proses penelitian ini adalah mengukur *spare part* mesin *hobbing Fortune Pacific Y3150K* dan roda gigi hasil proses *hobbing* yang masih dalam keadaan baik. *Spare part* dan roda gigi hasil proses *hobbing* tersebut memiliki modul 2 dengan $z=53$ dan $z=27$. Kemudian pengukuran tebal gigi juga dilakukan pada produk baru yang memiliki $z=27$ dan $z=29$. Proses pengukuran tebal gigi dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Pengukuran tebal gigi

Adapun pengaturan skala vertikal pada *gear tooth vernier caliper* guna pengukuran tebal gigi untuk masing-masing roda gigi lurus dapat dilihat pada **Tabel 2** sebagai berikut:

Tabel 2 Pengaturan skala vertikal

jumlah gigi	$\psi = \frac{90^\circ}{z}$	set q (mm) $q = \frac{D_a}{2} - \frac{m \cdot z}{2} \cdot \cos \psi$
$z=27$	$\psi = 3,33^\circ$	2,04
$z=29$	$\psi = 3,10^\circ$	2,04
$z=53$	$\psi = 1,70^\circ$	2,02

3. Analisis Data Hasil Pengukuran Tebal Gigi

Standar ISO no.1328 (*parallel involute gears, ISO system of accuracy*) merupakan sistem toleransi bagi roda gigi lurus dari berbagai kualitas. Sebagai informasi umum dapat ditunjukkan hubungan antara kualitas roda gigi dengan fungsi maupun jenis proses pembuatan, sebagaimana **Tabel 3**. Roda gigi hasil proses *hobbing* yang standar berada dalam kualitas 6 – 10.

Toleransi tebal gigi (s) ditentukan berdasarkan harga penyimpangan atas dan bawah relatif terhadap garis nol (yang merupakan tebal gigi nominal). Pada sistem ISO, penyimpangan atas dan bawah tersebut ditandai dengan simbol huruf.

Untuk suatu simbol huruf tertentu, harga penyimpangan atas/bawah merupakan harga toleransi kesalahan *pits* individu (f_{pt} , lihat **Tabel 4**) dikalikan dengan suatu faktor sebagaimana diperlihatkan pada **Tabel 5**. Dengan demikian, besarnya daerah toleransi dapat dicari dari selisih antara penyimpangan atas dan bawah.

Tabel 3 Pemilihan kualitas roda gigi ditinjau dari fungsi dan proses pembuatan

Kualitas yang diinginkan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kecepatan putar (m/menit)												
1 - 3												
3 - 6												
6 - 20												
20 ke atas												
Penggunaan												
mesin umum												
kendaraan bermotor												
alat ukur												
roda gigi master												
Proses pembuatan												
form milling												
shaping / hobbing												
shaving												
grinding												

Tabel 4 Toleransi kesalahan pits individu (f_{pt} , μm)

diameter pits d (mm)		modul (mm)	Kualitas											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
di atas	s.d.		f_{pt} (μm)											
-	125	1 - 3,5	1	1,6	2,5	4	6	10	14	20	26	40	56	80
		> 3,5 - 6,3	1,2	2	3,2	5	8	13	18	25	35	50	71	100
		> 6,3 - 10	1,4	2,2	3,6	5,5	9	14	20	28	40	56	80	112

daerah toleransi proses *hobbing* untuk $d < 125$ dan $m = 2$

Tabel 5 Toleransi kesalahan pits individu (f_{pt} , μm)

$C = + f_{pt}$	$H = -8 f_{pt}$	$N = -25 f_{pt}$
$D = 0 f_{pt}$	$J = -10 f_{pt}$	$P = -32 f_{pt}$
$E = -2 f_{pt}$	$K = -12 f_{pt}$	$R = -40 f_{pt}$
$F = -4 f_{pt}$	$L = -16 f_{pt}$	$S = -50 f_{pt}$
$G = -6 f_{pt}$	$M = -20 f_{pt}$	

Tabel 6 di bawah ini menjelaskan analisis dari data hasil pengukuran tebal pada masing-masing roda gigi. Ditunjukkan dimensi tebal gigi dan klasifikasi kualitas roda gigi berdasarkan tebal gigi yang terbentuk.

Tabel 6 Perbandingan kualitas tebal roda gigi lurus

	Daerah Toleransi Hobbing		Spare Part		Produk sebelumnya		Produk Baru	
	Penyimpangan atas	3,18mm	10C	3,01mm	6K	3,22mm	12C	3,16mm
Penyimpangan bawah	1,14mm	10S	2,97mm	6M	3,13mm	12E	3,10mm	8E

Grafik perbandingan tebal gigi pada roda gigi lurus *spare part* $z=53$, hasil proses *hobbing* $z=27$ dan produk baru $z=29$, dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Produk baru (riil) dari penelitian ini adalah roda gigi lurus modul 2 dengan $z=27$ dan $z=29$. Selanjutnya apabila diilustrasikan pasangan roda gigi tersebut bergerak berpasangan, maka posisi gigi yang akan terjadi adalah sebagai berikut seperti terlihat pada **Tabel 7**.

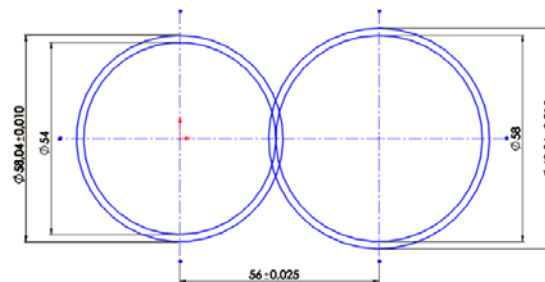


Gambar 4 Perbandingan toleransi tebal gigi

Tabel 7 Pasangan gigi pada roda gigi lurus $z=27$ dan $z=29$

Posisi ke -	$z = 27$	$z = 29$
1	z_1 (putaran ke-1)	z_1 (putaran ke-1)
25	z_{25} (putaran ke-1)	z_{25} (putaran ke-1)
50	z_{23} (putaran ke-2)	z_{21} (putaran ke-2)
75	z_{21} (putaran ke-3)	z_{17} (putaran ke-3)

Ilustrasi *backlash* dari pasangan roda gigi pada produk baru yang riil $z=27$ dan $z=29$ dapat dilihat pada **Gambar 5**. Toleransi yang tertera pada jarak antar sumbu roda gigi sebesar $\pm 0,025$ mm didapat dari hasil penjumlahan akibat silindrisitas pada bakalan roda gigi.



Gambar 5 Ilustrasi pasangan roda gigi lurus $z=27$ dan $z=29$ pada produk baru riil

Maka apabila kedudukan dari pasangan roda gigi lurus *master* dan *produk riil* $z=27$ dan $z=29$ dibandingkan dan digambarkan pada grafik akan terlihat perbedaan *backlash* yang dihasilkan. Grafik *backlash* yang terbentuk seperti terlihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6 Perbandingan antara backlash pasangan roda gigi master dengan riil

Pada grafik di atas, terlihat bahwa apabila master roda gigi saling berputar berpasangan akan menghasilkan backlash yang seragam pada setiap pertemuan giginya. Backlash nol dapat terjadi apabila kedua pasang roda gigi tepat tebal 3,14 mm. Sehingga backlash didapat dengan mengatur dengan jarak senter sesuai toleransi, misalnya dalam kasus ini $\pm 0,023$ mm.

Backlash antara produk baru yang riil bernilai negatif maka berarti tidak terdapat kelonggaran. Hal tersebut diakibatkan oleh $z=27$ memiliki tebal gigi lebih dari 3,14 mm (berada di luar batas toleransi tebal gigi) sehingga ketika pasangan roda gigi tersebut berputar akan menimbulkan noise. Noise dapat terjadi karena perpindahan gerakan pada pasangan roda gigi berlangsung secara tidak halus sebab terdapat gesekan yang merugikan. Pengaturan agar backlash dapat bernilai positif sehingga tidak menimbulkan noise akan menyebabkan perubahan jarak senter antara roda gigi yang saling berpasangan tersebut.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini antara sebagai berikut:

1. Toleransi standar tebal gigi ISO no.1328 dinyatakan notasi angka dan huruf. Kualitas roda gigi lurus modul 2 pada $z=27$ dan $z=29$ hasil proses hobbing berada pada kisaran kualitas angka 6 – 10 dengan huruf C – S.
2. Tahapan proses pembuatan bakalan roda gigi dibuat dengan ketentuan toleransi sebagai berikut :
 - diameter bakalan = 0,036–0,100mm
 - silindrisitas bakalan = 0,011 –0,028mm
3. Tahapan proses hobbing roda gigi lurus dipastikan dengan pengaturan jarak cutter dan bakalan roda gigi sedekat mungkin guna mendapat referensi titik nol terbaik.
4. Pengukuran dimensi tebal gigi dilakukan dengan menggunakan tooth gear vernier caliper dengan kecermatan 0,02 mm yang dapat memenuhi standar analisis untuk penentuan kualitas tebal gigi.
5. Berdasarkan analisis hasil pengukuran dimensi tebal gigi didapat bahwa toleransi yang terbentuk adalah sebagai berikut :
 - spare part 2,97–3,01 mm = 6KM
 - produk hasil proses hobbing sebelumnya (lama) 3,13–3,22 mm = 12CE
 - produk baru 3,10–3,16mm = 8CE

Jadi, penelitian ini dapat menghasilkan produk roda gigi lurus baru yang memiliki kualitas tebal gigi lebih baik dibandingkan dengan roda gigi yang telah dibuat hasil proses hobbing sebelumnya, dan dapat memenuhi standar ISO no. 1328. Roda gigi berkualitas standar yang baik dapat dibuat dengan ketepatan langkah proses pembuatan dan pengukuran.

4.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pengukuran tebal gigi dengan menggunakan metode lain sebagai perbandingan hasil.

b. Melakukan analisis pada elemen-elemen roda gigi selain tebal gigi dalam penentuan daerah toleransi maupun kualitas.

Menyediakan alat pengukur atau pemeriksa roda gigi guna mendapatkan analisis yang lebih rinci.

Daftar Pustaka

- [1] Endoy, Robert. 1990. *Gear Hobbing, Shapping and Shaving*. Michigan : Societyof Manufacturing Engineers.
- [2] Rochim, Taufiq. 2006. *Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik Jilid 2*. Bandung: Penerbit ITB.
- [3] Spotss, M.F. 1978. *Design of Machine Elements*. New Jersey : Prentice Hall, Inc.
- [4] “Hobs : Precision Cutting Tools”. https://www.mhi.com/products/detail/ind_hob.html. Mitsubishi Heavy Industries, LTD. diakses 20 Juli 2017
- [5] “Element of Metric Gear Technology”. http://qtcgears.com/tools/catalogs/PDF_Q420/Tech.pdf. diakses 3 Maret 2017.