

TINJAUAN SINGKAT TEKNOLOGI PEMBUATAN RODAGIGI HYPOID

Oleh : Tri Prakosa

Abstrak

Rodagigi hypoid merupakan jenis roda gigi kerucut (bevel) yang sumbu pinionnya (driver) memiliki offset terhadap sumbu gearnya (drivenya). Teori yang rumit dan informasi tentang pembuatannya yang hanya terpusat pada perusahaan tertentu, sehingga hanya pihak-pihak itulah yang mampu membuat roda gigi hypoid. Perkembangan teknologi mesin CNC serta kemajuan di bidang programming memberi dampak terhadap kemudahan teknologi pembuatan roda gigi hypoid, sehingga industri menengah bahkan rendahpun memiliki kesempatan untuk memproduksinya. Roda gigi hypoid banyak digunakan karena beberapa kelebihan dibandingkan dengan roda gigi kerucut lainnya. Unjuk kerja roda gigi tergantung pada kualitas geometri yang dihasilkan. Kualitas geometri yang baik dapat diperoleh apabila keseluruhan tahap proses pembuatan dikontrol secara baik. Tulisan ini menguraikan tentang proses pembuatan roda gigi hypoid yang dilakukan oleh The Gleason Works, Rochester, N.Y., USA, sebagai salah satu perusahaan penghasil mesin pembuat roda gigi. Negara lain penghasil mesin pembuat roda gigi adalah Swiss (Oerlikon), Jerman (Klingenberg), serta Jepang.

1. PENDAHULUAN

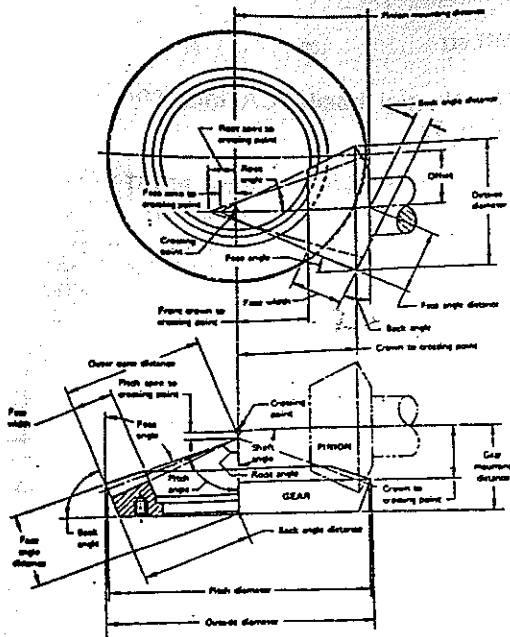
Rodagigi hypoid merupakan roda gigi kerucut yang sumbunya saling bersilangan (crossing axis) sehingga sumbu dari pinion (driver) memiliki offset terhadap sumbu gearnya (driven).

Rodagigi hypoid digunakan karena dua hal, yaitu :

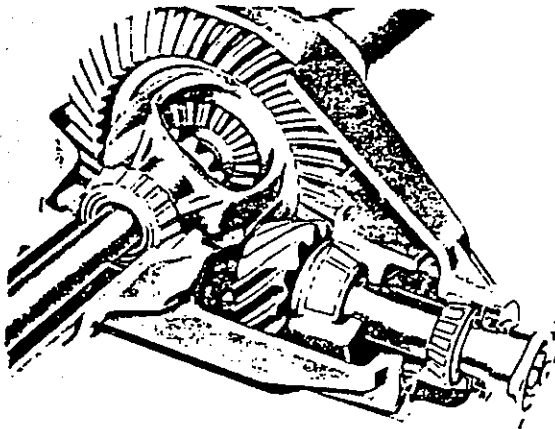
- a. Situasi yang mengharuskan digunakannya rodagigi hypoid, misal karena terbatasnya ruangan dalam mesin (seperti pada mesin helikopter)
- b. Keunggulan yang dimiliki rodagigi hypoid dibanding rodagigi kerucut lainnya, yaitu :
 - Dengan adanya offset, maka dimensi

pinion menjadi besar sehingga kapasitas daya yang diteruskan menjadi lebih besar. Pada seluruh permukaan gigi tidak terjadi sliding velocity yang berharga 0 (nol), sehingga oli dapat melumasi seluruh permukaan gigi. Pada roda gigi jenis lain, terdapat perubahan arah sliding velocity pada permukaannya (kira-kira pada lingkaran pitchnya), sehingga pada daerah ini sliding velocitynya = 0. Karena oli tidak dapat masuk pada daerah ini, maka terjadi kondisi metal to metal contact yang akhirnya akan menyebabkan pitting.

Salah satu contoh pemakaian roda gigi hypoid adalah pada unit differensial otomotif, yang ditunjukkan pada gambar 2.



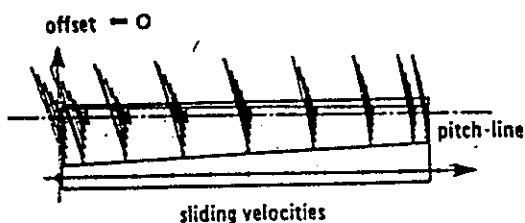
Gambar 1 : Nomenklatur gigi hypoid arah axial



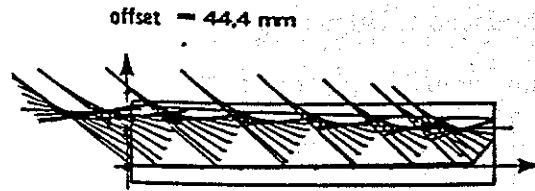
Gambar 2 : Unit differensial pada otomotif

Disamping memiliki keunggulan, maka roda gigi hypoid memiliki kekurangan, yaitu :

- Manufakturingnya susah
- Efisiensi turun menjadi 97-98 % (Roda gigi jenis lain, efisiensinya dapat mencapai 99 %).



Gambar 3.a : Sliding velocity untuk roda gigi selain hypoid



Gambar 3.b : Sliding velocity untuk roda gigi hypoid.

Secara garis besar alur pembuatan roda gigi adalah sebagai berikut:

- Perancang roda gigi yang akan dibuat dengan bantuan metode elemen hingga serta TCA (Tooth Contact Analysis).
- Pembuatan Blank
- Proses pemotongan
- Perlakuan panas (heat treatment)
- Proses Hard Finishing (lapping atau grinding)
- Pengukuran ketelitian geometri

Dalam tulisan ini hanya dibahas sampai dengan point c (proses pemotongan), karena proses sesudahnya memerlukan pembahasan tersendiri.

2. PERANCANGAN RODA GIGI

Tahap perancangan melibatkan tiga tahap proses, yaitu :

- Perhitungan prakiraan dimensi berdasarkan atas beban daya yang diteruskan, serta parameter-parameter yang berhubungan.
- Perhitungan tegangan yang terjadi, dengan bantuan metode elemen hingga.
- Analisis kontak gigi, dengan bantuan program TCA (Tooth Contact Analysis).

Ketiga langkah perhitungan diatas masing-masing dilakukan oleh modul program tersendiri, tetapi keseluruhan modul dikemas dalam satu program utama.

a. Perhitungan dimensi

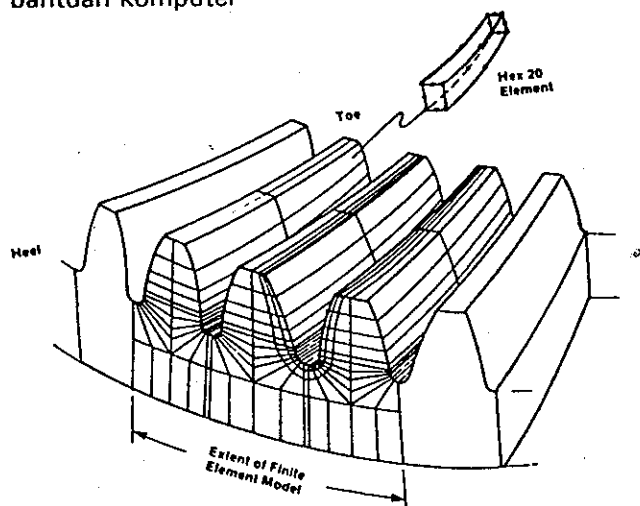
Berdasarkan Torsi yang bekerja, dihitung perkiraan diameter pitch, jumlah gigi, lebar gigi, sudut spiral dan sudut tekan.

b. Perhitungan tegangan gigi

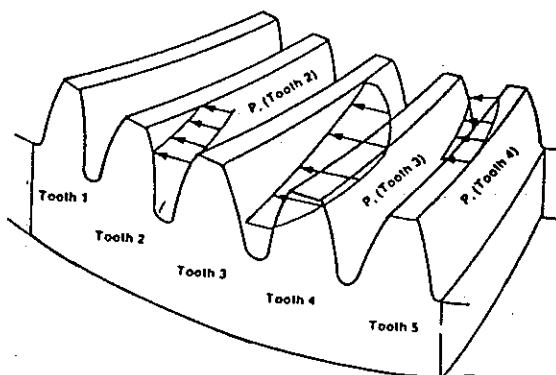
Program untuk menghitung tegangan gigi dilakukan dengan metode elemen hingga. Dalam hal ini dilakukan penghitungan tegangan lentur pada fillet gigi dan tegangan geser di bawah permukaan gigi, yang diakibatkan oleh gaya yang bekerja. Program ini dapat mengakses program TCA (Tooth Contact Analysis), sehingga perancang dapat mengevaluasi unjuk kerja rancangan yang ada sebagai fungsi dari bentuk kontak gigi serta posisi kontak gigi. Model elemen hingga, serta lokasi pembebanan ditunjukkan pada gambar 4a dan 4b.

c. TCA (Tooth Contact Analysis)

TCA merupakan alat matematis yang digunakan untuk mempelajari karakteristik kontak gigi serta motion curvenya, dengan bantuan komputer

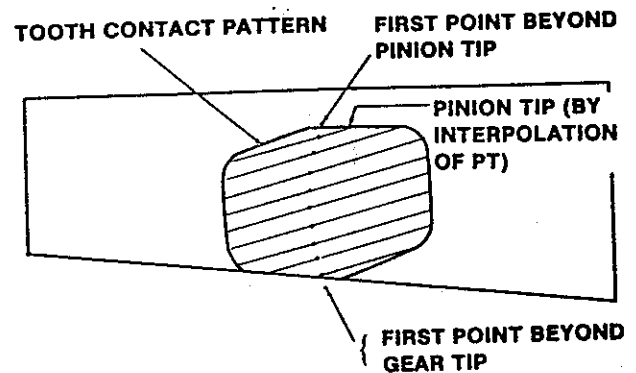


Gambar 4.a : Pemodelan roda gigi dengan elemen Hex 20

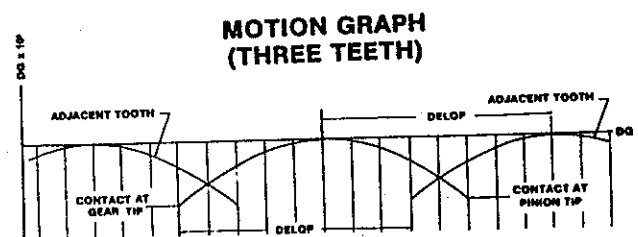


Gambar 4.b : Arah pembebanan pada model elemen hingga

Bentuk kontak gigi hasil TCA ini dicontohkan pada gambar 4a.



Gambar 5.a : Contoh bentuk kontak roda gigi hypoid hasil perhitungan program TCA



Gambar 5.b : Contoh motion curve hasil perhitungan TCA

Motion curve menggambarkan perpindahan angular gear, relatif terhadap pinion. Gambar 5.b memperlihatkan contoh motion curve. Sumbu X adalah putaran gear, DQ (dalam derajat) sedangkan sumbu Y menggambarkan perpindahan angular gear relatif terhadap pinion, DG (dalam radian).

Apabila desain sudah optimal, maka parameter setup mesin akan dihitung oleh program desain tersebut, dan langsung dapat dikirim ke mesin melalui RS 232, melalui disket atau dibuat hardcopynya. Setup mesin ini disebut dengan summary, dan contohnya diperlihatkan pada tabel 1.

FORMATE HYPOID SUMMARY NO. 116 TRAN

GLEASON WORKS - TRAINING 116 TILT

	PINION 12	GEAR 41
NUMBER OF TEETH.	12	41
DIAMETRAL PITCH.	1.429"	5.377
FACE WIDTH.	1.500"	1.181"
PINION OFFSET.	BC	
PRESSURE ANGLE - PIN CONCAVE.	15D 30H	
PRESSURE ANGLE - PIN CONVEX.	26D 30H	
SHAFT ANGLE.	90D 0H	
OUTER CONE DISTANCE.	4.933"	4.065"
ADDENDUM.	0.309"	0.073"
DEDENDUM - THEORETICAL.	0.134"	0.358"
WORKING DEPTH.	0.383"	0.383"
WHOLE DEPTH.	0.443"	0.431"
OUTSIDE DIAMETER.	3.745"	7.676"
GEAR PITCH DIAMETER.		7.625"
PART NUMBER.	40110231	40110232

RELEASED BY - EDE (3TRA)
12000

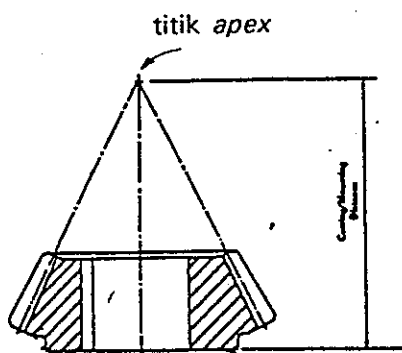
TRA

PITCH APEX BEYOND CROSS PT.	1.000"	-0.117"
FACE APEX BEYOND CROSS PT.	0.607"	-0.177"
ROOT APEX BEYOND CROSS PT.	1.079"	-0.046"
CROWN TO CROSSING POINT.	3.575"	1.460"
FRONT CROWN TO CROSS PT.	2.240"	
PITCH ANGLE.	18D 33H	69D 41H
FACE ANGLE OF BLANK.	24D 7H	71D 31H
ROOT ANGLE.	16D 51H	63D 44H
ADDENDUM ANGLE.		1D 50H
DEDENDUM ANGLE.		5D 57H
SPIRAL ANGLE.	50D 12H	25D 20H
HAND OF SPIRAL.	LH	RH

Tabel 1 : Contoh Summary

3. PEMBUATAN BLANK

Blank merupakan bahan dasar roda gigi yang siap akan dimesin. Agar diperoleh kualitas roda gigi yang bagus maka harus dimulai dari kualitas blank yang bagus serta adanya pengontrolan pada setiap tahap pembuatan (manufaktur). Agar pasangan tersebut dapat beroperasi secara benar, maka saat perakitan akhir, titik apex kedua roda gigi yang berpasangan tersebut harus berimpit,



Gambar 6 : Blank roda gigi

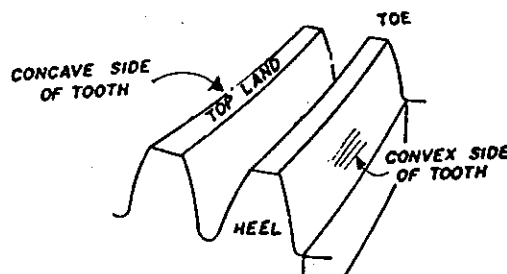
Permukaan referensinya, yaitu bagian bore (lubang), harus memiliki ketelitian tinggi, karena hal ini berpengaruh pada terjadinya kesalahan putar radial (radial run out). Toleransi bore atau shank ditunjukkan pada tabel 2.

NOMINAL LOCATING BORE OR SHANK DIAMETER, INCHES	AGMA QUALITY NUMBERS 12 & 13		AGMA QUALITY NUMBERS 10 & 11		AGMA QUALITY NUMBERS 3 THRU 9	
	SHANK	BORE	SHANK	BORE	SHANK	BORE
UP TO 1	+0.0000	+0.0001	+0.0000	+0.0005	+0.000	+0.001
	-0.0001	-0.0000	-0.0005	-0.0000	-0.001	-0.000
1 TO 4	+0.0000	+0.0002	+0.0000	+0.0005	+0.000	+0.001
	-0.0002	-0.0000	-0.0005	-0.0000	-0.001	-0.000
4 TO 10	+0.0000	+0.0003	+0.000	+0.001	+0.000	+0.002
	-0.0003	-0.0000	-0.001	-0.000	-0.002	-0.000
10 TO 20			+0.000	+0.001	+0.000	+0.003
			-0.001	-0.000	-0.003	-0.000
20 AND LARGER			+0.000	+0.002	+0.000	+0.004
			-0.002	-0.000	-0.004	-0.000

Tabel 2: Toleransi Bore (lubang referensi)

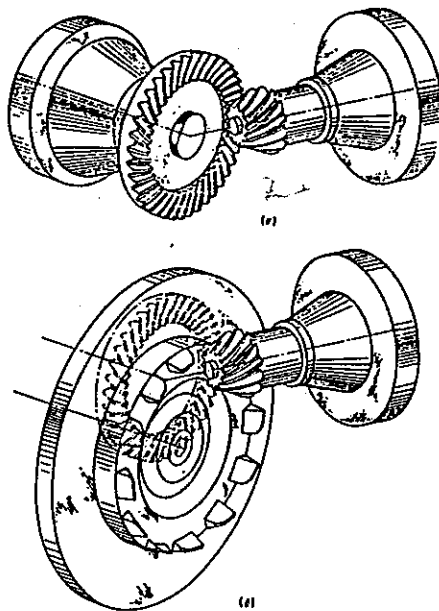
4. PROSES PEMOTONGAN

Proses pemotongan roda gigi dimulai dengan proses pengkasaran (roughing) dan dilanjutkan dengan proses penghalusan (finishing). Tebal material yang disisakan oleh proses pengkasaran berkisar antara 1 s/d 2 mm. Proses pemotongan menghasilkan celah gigi, dan kedua sisi celah gigi ini disebut sisi dalam (sisi convex) dan sisi luar (sisi concave).



Gambar 7 : Definisi celah gigi (concave dan convex side)

Dalam proses pemotongan tersebut pahat seakan bertindak sebagai roda gigi pasangan nya, lihat gambar 8 berikut ini :

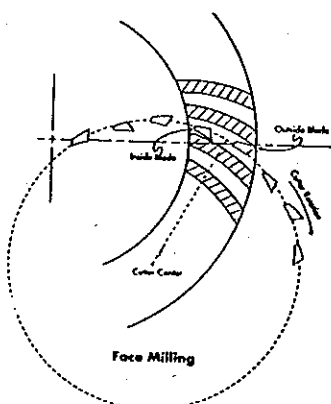


Gambar 8 : Proses pemotongan roda gigi

Ada dua metode pemotongan utama untuk membuat roda gigi kerucut, termasuk roda gigi hypoid, yaitu : metode "Face Milling" dan "Face Hobbing".

4.1 Face Milling

Dengan metode ini, maka pemotongan dilakukan pada tiap gigi secara bergantian. Setelah selesai satu gigi, benda kerja diputar (indexing) untuk pemotongan gigi berikutnya. Proses pemotongan Face Milling ini ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9 : Face Milling

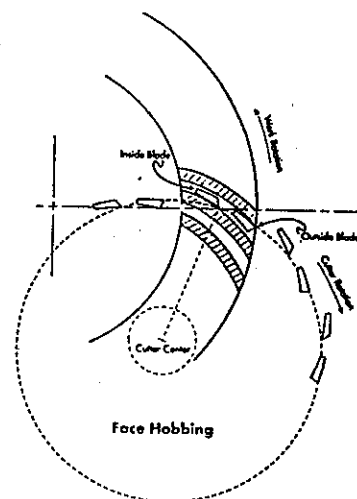
Karena selama pemotongan satu gigi benda kerja tidak ikut berputar, maka dalam arah memanjang, giginya berbentuk busur lingkaran dengan jari-jari sama dengan jari-jari pahat.

Roda gigi yang dibuat dengan metode Face Milling ini dapat 'dilapping' (cara menghaluskan dengan pasta yang dicampur serbuk abrasif), dan dapat digerinda.

b. Face Hobbing

Dengan metode ini, maka selama pahat memotong, benda kerja juga ikut berputar, sehingga seluruh gigi dapat dipotong secara simultan (continuous indexing), lihat gambar 10. Dalam arah memanjang, giginya tidak lagi berbentuk busur lingkaran tetapi berbentuk episikloid.

Karena adanya continuous indexing ini maka roda gigi hasil pemotongan dengan metode ini tidak dapat digerinda. Keuntungannya proses lapping dapat dilakukan dengan cepat.

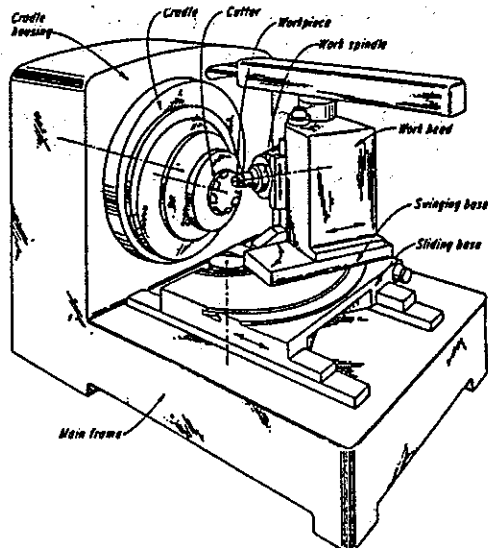


Gambar 9 : Face Hobbing

Roda gigi jenis ini banyak dipakai di industri otomotif, karena untuk penerapan di otomotif, roda giginya cukup di lapping (tidak perlu digerinda, seperti di pesawat terbang).

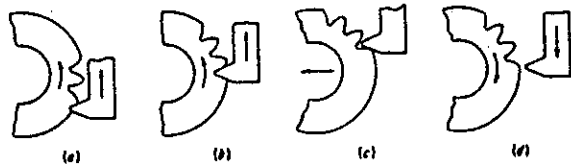
5. KONSTRUKSI MESIN

Sebelum ada mesin CNC, maka konstruksi mesin mekaniknya adalah seperti ditunjukkan pada gambar 11.



Gambar 11 : Mesin pembuat roda gigi kerucut (termasuk hypoid) non-CNC

Siklus utama pemotongan gigi (generating) ditunjukkan pada gambar 12.

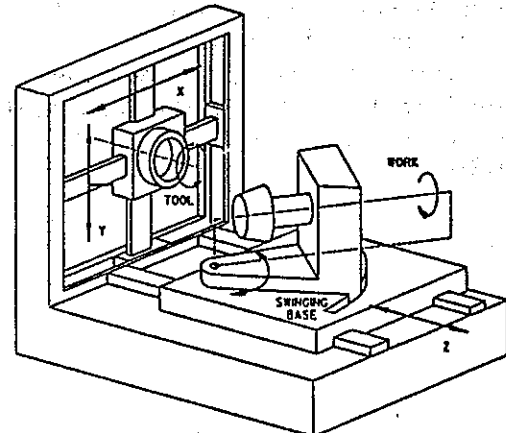


Gambar 12 : Empat tahap siklus pemotongan gigi kerucut (generating), (a) Start of roll, (b) center of roll, (c) withdraw, (d) return

Bagian mesin yang utama berperan dalam mewujudkan gerakan pemotongan ini adalah :

- Sliding Base
- Swinging Base
- Cradle
- Swivel, dan
- Tilt

Struktur mesin CNC pembuat roda gigi adalah lebih sederhana (lihat gambar 13). Dalam hal ini Sliding Base, Swinging base, Cradle, Swivel dan Tilt digantikan oleh gerakan sumbu X, Sumbu Y, Sumbu Z, Sumbu A (Work piece), Sumbu B (Swinging Base), dan Sumbu C (Tool). Gerakan-gerakan ini dikontrol oleh program.



Gambar 12 : Konstruksi mesin CNC pembuat roda gigi kerucut (termasuk hypoid).

6. DISKUSI

Roda gigi merupakan komponen mesin yang banyak digunakan oleh industri. Industri otomotif yang biasanya digunakan sebagai pemicu awal untuk perkembangan industri yang lain, sangat bergantung pada roda gigi ini. Negara-negara baru yang mulai menanam investasi pada industri roda gigi adalah RRC serta Rusia (walaupun saat ini sedang menghadapi kesulitan ekonomi). Negara-negara Asia yang telah maju dibidang industri roda gigi ini adalah Jepang, Korea Selatan, India, Singapura, sedangkan Malaysia sedang mulai merintis.

Adanya deregulasi di bidang otomotif, merupakan suatu momentum yang tepat untuk mulai menangani industri roda gigi. Software-software perancangan roda gigi yang siap pakai sudah dapat dijalankan pada komputer PC demikian pula harganya semakin murah. Teknologi Mesin CNC memungkinkan bagi operator yang tidak ahli untuk menghasilkan produk dengan kualitas tinggi, dan hal ini sesuai dengan kondisi Indonesia yang baru mulai mengembangkan

industri manufaktur sebagai tulang punggung ekspor non migas.

7. Daftar Pustaka

1. Fundamentals of Gear Engineering, The Gleason Works, Rochester, New York, USA
2. Gear Process Theory, The Gleason Works, Rochester, New York, US
3. Krenzer, Theodore J., Face Milling or Face Hobbing : Choosing The Best Process, The Gleason Works, Rochester, New York, USA
4. Oerlikon Bevel and Hypoid Gears, Calculation, Manufacturing and Optimization, Collected Publications 1988/89
5. Summaries and Cutting Cycle's, The Gleason Works, Rochester, New York, USA
6. Understanding Tooth Contact Analysis, The Gleason Works, Rochester, New York, USA
7. Wilcox, Lowell, Analyzing Gear Tooth Stress as a function of Tooth Contact Pattern Shape and Position, The Gleason Works, Rochester, New York, USA

C
A
R
T
"

4

C
d
S
(i
P
p

Ga