

# SPEKIFIKASI ULIR TRAPESIUM PADA PRODUK STANDAR RAGUM MEJA POLMAN TIPE -125

Iwan Gunawan<sup>(1)</sup>, Yatna Yuwana. M<sup>(2)</sup>, Sri Raharno<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl. Kanayakan No. 21 - Dago, Bandung 40135  
Phone/Fax: 022-250 0241 / 250 2649  
E-mail : igoen\_bass@yahoo.co.id

<sup>(2)</sup> Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung  
Jl. Ganesa No. 10, Bandung 40132  
Phone/Fax: 022-250 4243 / 253 4099  
E-mail : yatna@ftmd.itb.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini berhubungan dengan pembuatan spesifikasi ulir trapesium pada proses pembuatan produk standar ragum meja Polman tipe-125. Dalam konstruksi Ragum meja ini terdapat komponen poros berulir trapesium 20 x 4 sepanjang 236 mm. Komponen rotational ini berfungsi sebagai penggerak rahang ragum untuk mencekam benda kerja. Oleh karena itu, ketelitian dan kecermatan dimensi hasil pembuatan ulir trapesium merupakan syarat penting supaya tuntutan fungsi gerakan pengekaman dapat terpenuhi dengan baik. Data hasil pemeriksaan profil ulir trapesium yang telah dibuat menunjukkan perbedaan dimensi yang relatif besar dan bentuk profil ulir tidak seragam sehingga fungsi gerakan mur pasangannya tidak mulus. Penyebabnya antara lain adalah belum dibuatnya spesifikasi toleransi ulir trapesium dan tahapan pembuatan ulir trapesium yang kurang baik. Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan metode proses pembuatan ulir trapesium sehingga menghasilkan produk standar yang memenuhi spesifikasi ulir trapesium.

Metoda penelitian dilakukan terhadap kajian pengolahan data statistik hasil pengukuran dimensi produk profil ulir. Kegiatan penelitian meliputi mempelajari standar ISO ulir trapesium, membuat spesifikasi toleransi ulir trapesium pada gambar produk, menyusun prosedur pengukuran ulir Tr 20x4, observasi proses pembuatan ulir trapesium pada mesin bubut, mengukur profil ulir trapesium hasil proses pembuatan ulir sebelum dan sesudah menerapkan spesifikasi toleransi ulir.

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah spesifikasi ulir trapesium 20 x 4, metoda pengukuran ulir trapesium dan langkah-langkah pembuatan ulir trapesium pada mesin bubut CNC. Diharapkan produk yang dihasilkan dapat dipertukarkan satu dengan yang lainnya (*interchangeable*), selain itu hasil penelitian ini diharapkan dapat memiliki nilai tambah sebagai media latihan dalam proses pembelajaran bagi mahasiswa Polman.

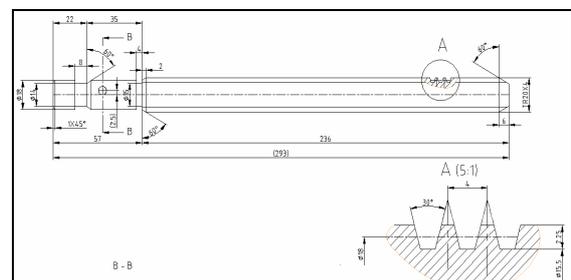
**Kata kunci:** spesifikasi Ulir Trapesium, pengukuran ulir Trapesium

## 1. Pendahuluan

Dalam dunia industri manufaktur menuntut suatu proses produksi berjalan lancar terutama dari sisi waktu, biaya dan *kualitas*. Tuntutan tersebut semakin bersaing seiring kemajuan perkembangan teknologi.

Institusi Polman - Bandung sepanjang tahun membuat produk standar Ragum meja 125. Salah satu operasi pemesinan yang dilakukan adalah pembuatan ulir trapesium 20 x 4 sepanjang 236 pada komponen poros spindel sebagai penggerak (*transportir*) rahang jalan untuk melakukan pengekaman benda kerja penggerak rahang jalan.

Bentuk konstruksi poros tsb seperti gambar dibawah ini :



Dari gambar diatas terlihat bahwa daerah toleransi ulir Tr 20 x 4 masih bersifat umum, belum dicantumkan secara spesifik toleransi ulir standar ISO, sehingga produk yang hanya diperiksa dengan Ring pemeriksa ulir dalam diperoleh ketidak-seragaman dan tidak dapat dipertukarkan satu dengan yang lainnya (*interchangeable*).

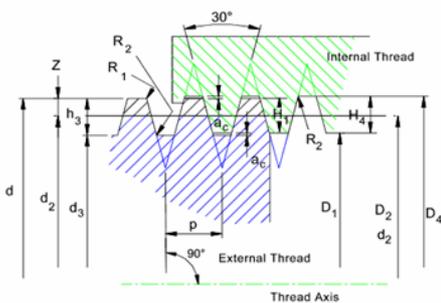
Untuk dapat menciptakan produk yang berkualitas, maka harus dilakukan pengendalian kualitas berupa pembuatan spesifikasi Ulir Tr 20 x 4 dan disusun prosedur pengukuran ulir. sehingga kualitas profil ulir diperhatikan dengan baik ketika dilakukan Proses pemesinan .

**2. Tinjauan Pustaka**

Menurut standar ulir ISO 2902:1977 [1] bahwa spesifikasi ulir dituliskan dengan simbol Tr 20 x 4 dan sudut bidang 30°. Artinya : simbol huruf Tr menandakan profil ulir trapesium dengan sudut profil 30°, simbol angka 20 menyatakan diameter nominal 20 mm, dan simbol angka 4 menyatakan harga pits 4 mm.

Adapun geometri ukuran profil dasar ulir trapesium berdasarkan standard ISO 2901 [1] dan ISO. 2904:1977 [4] adalah seperti gambar dibawah ini :

Trapezoidal Thread - ISO 2904



**Thread Proportions**

$$\begin{aligned}
 H_1 &= 0,5p & H_2 &= H_1 + a_c & h_3 &= H_1 + a_c \\
 D_4 &= d + 2a_c & Z &= H_1 / 2 & D_1 &= d - 2H_1 = d - p \\
 d_3 &= D - 2h_3 & a_c &= (D_4 - d) / 2 & R_{1max} &= 0,5 a_c & R_{2max} &= a_c \\
 d_2 &= D_2 = d - 2Z = d - 0,5p
 \end{aligned}$$

Table of trapezoidal screw threads are in accordance with ISO 2904:1977

d	P	d <sub>2</sub> =D <sub>2</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>3</sub>	D <sub>1</sub>
20	4	18,000	20,500	15,500	16,000

Supaya diperoleh kualitas profil ulir yang presisi perlu dibuat spesifikasi ulir yang berisikan batasan toleransi pada diameter profil ulir. Dalam membuat spesifikasi ulir trapesium Tr 20 x 4 ini, digunakan referensi standar ISO sebagai berikut :

- 1.ISO 2901: ISO metric trapezoidal screw threads -- Basic profile and maximum material profiles
- 2.ISO 2902: ISO metric trapezoidal screw threads -- General plan
- 3.ISO 2903: ISO metric trapezoidal screw threads – Tolerances
- 4.ISO 2904: ISO metric trapezoidal screw threads -- Basic dimensions

**3. Metodologi**

Kegiatan penelitian difokuskan meliputi studi literatur standar ISO ulir trapesium, membuat spesifikasi toleransi ulir trapesium pada gambar produk, menyusun prosedur pengukuran ulir Tr 20x4, observasi proses pembuatan ulir trapesium pada mesin bubut, serta mengukur profil ulir trapesium hasil proses pembuatan ulir sebelum dan sesudah menerapkan spesifikasi toleransi ulir

**3.1 Toleransi Ulir**

Menurut standar ISO R 965 (general purpose metric screw thread tolerance ) [5][6] dijelaskan bahwa dalam mendefinisikan daerah toleransi dari ada tiga hal yang harus diperhatikan yaitu garis nol, penyimpangan fundamental dan besar daerah toleransi.

Garis nol merupakan garis profil dasar untuk profil ulir metrik. Berdasarkan garis nol tsb dapat ditentukan letak dan besar daerah ketiga jenis toleransi diameter ulir.

Penyimpangan Fundamental adalah batas toleransi yang paling dekat dengan garis nol. Pada sistim toleransi ISO 2903-1977[3], hal tsb dinyatakan dengan simbol huruf H untuk ulir dalam, simbol huruf e dan c untuk ulir luar.

Sedangkan Besar daerah toleransi ditentukan oleh angka kualitas 4,5,6,7,8,9. Berdasarkan hal tersebut dapat ditentukan nilai daerah Toleransi (T) dengan Simbol batas bawah ei atau EI dan Simbol batas atas es atau ES.

Untuk menentukan kualitas toleransi diameter pits ulir trapesium , direkomendasi menurut tabel 1. ISO 2903-1977 [3] berikut :

Tabel 1, ISO 2903 – Fundamental deviation	Nut thread		Bolt thread	
	D <sub>2</sub>		d <sub>2</sub>	
	H		c	e
Pitch mm	El		es	es
	µm		µm	µm
<b>4</b>	<b>0</b>		<b>-190</b>	<b>-95</b>

Dari tabel diatas , kualitas toleransi diameter pits ulir luar Tr 20x4 adalah kelas e dan nilai penyimpangan fundamental adalah - 95 µm . Sedangkan untuk kualitas toleransi diameter pits ulir dalam adalah H (EI= 0µm ).

Selanjutnya pada profil ulir trapesium ditentukan daerah toleransi untuk diameter mayor , diameter minor dan diameter pits, dimana nilainya berdasarkan angka kualitas

toleransi sebagaimana anjurkan oleh tabel-2. ISO 2903:1977[3], dibawah ini :

Diameter	Kualitas toleransi			
Diameter minor mur ( D <sub>1</sub> )	4			
Diameter mayor baut (d)	4			
Diameter pits mur (D <sub>2</sub> )	7	8	9	
Diameter pits baut (d <sub>2</sub> )	6	7	8	9
Diameter minor baut (d <sub>3</sub> )	7	8	9	

Dimana kualitas toleransi nomor 6 adalah kelas medium yang direkomendasikan untuk perhitungan diameter untuk Kelas toleransi 7, 8 dan 9 .

Faktor penting dalam penentuan toleransi adalah panjang bidang kontak uliran pada sepasang antara ulir luar dan ulir dalam bekerja. Adapun panjang uliran telah distandarkan dengan istilah panjang (L), normal (N) dan pendek (S) serta nilai panjang ulirannya dapat bervariasi antara  $2.24p.d^{0.2}$  sampai  $6.7p.d^{0.2}$  mm. Panjang pemasangan uliran untuk TR 20x4 adalah normal (N) sebagaimana dicantumkan pada Tabel.3- ISO 2903-1977[3] dibawah ini:

Basic major diameter		Pitch	Group of length of thread engagement, l		
d			N		L
over	up to and incl	P	over	up to and incl.	over
11,2	22,4	2	8	24	24
		3	11	32	32
		<b>4</b>	<b>15</b>	<b>43</b>	<b>43</b>
		5	18	53	53
		8	30	85	85

Sedangkan nilai kualitas toleransi sepasang ulir trapesium direkomendasikan menurut Tabel.4 - ISO 2903-1977[3] dibawah ini :

Kualitas toleransi untuk Mur	Kualitas toleransi diametr pits	
	N	L
Medium	7H	8H
Coarse	8H	9H
Kualitas toleransi untuk Baut	Kualitas toleransi diametr pits	
	N	L
Medium	7e	8e
Coarse	8e	9c

Berdasarkan uraian informasi diatas maka spesifikasi ulir trapesium untuk poros penggerak ragam meja Polman tipe - 125 dapat dituliskan : Tr 20 x 4 – 7H/7e

Menurut ISO 2903:1977 [3] bahwa untuk menentukan diameter mayor dan diameter minor direkomendasikan pada toleransi

kualitas 4, seperti ditampilkan pada tabel 5 dan 6 dibawah ini.

Tabel. 5-Toleransi diameter mayor ulir baut (T<sub>d</sub>)

Major diameter tolerance of bolt thread (T <sub>d</sub> )	
Pitch	Tolerance grade 4
P	
mm	μm
4	300

Tabel 6- Toleransi diameter pits ulir baut (T<sub>d2</sub>)

Basic major diameter d		Pitch P	Tolerance grade			
over	up to		6	7	8	9
mm	mm	mm	μm	μm	μm	μm
11,2	22,4	2	160	200	250	315
		3	180	224	280	355
		<b>4</b>	<b>212</b>	<b>265</b>	<b>355</b>	<b>400</b>
		5	224	280	355	450
		8	280	355	450	560

Untuk mengetahui nilai daerah toleransi diameter mayor dan diameter minor diameter pits pada ulir TR 20x4, dapat dilakukan tahapan perhitungan sebagai berikut :

1. Hitung Toleransi diameter mayor (T<sub>d</sub>) untuk kelas 4 menurut rumus berikut :

$$T_d = 0.63 (180^3 \sqrt{p^2} - 3,15/\sqrt{P})$$

$$T_d = 0.63 (180^3 \sqrt{p^2} - 3,15/\sqrt{P})$$

$$= 0.63 (180^3 \sqrt{4^2} - 3,15/\sqrt{4})$$

$$= 0.63 (451) = 284 \sim 300 \mu m$$

- Untuk penyimpangan batas bawah ( ei T<sub>d</sub>) = - 300 μm , maka besar diameter mayor d<sub>ei</sub> = d - ei = 20 - 300/1000 = 19.700 mm
- Untuk penyimpangan batas atas es( es T<sub>d</sub>)= - 95 μm , maka besar diameter mayor = d<sub>es</sub> = d - es = 20 - 95/1000 = 19.905 mm

2. Hitung Toleransi diameter minor (T<sub>d3</sub>), berdasarkan nilai toleransi diameter pits(Td2), menurut rumus berikut:

$$T_{d3} = 1.25 T_{d2} + [es],$$

$$T_{d3} = 1.25 T_{d2} (7) + [es]$$

$$= 1.25 \times 265 + 95 = 426.25 \sim 426 \mu m$$

- ❖ Untuk penyimpangan batas bawah ( ei T<sub>d3</sub>) = -95 μ mm , maka besar diameter minor = d<sub>3ei</sub> = d - ei = 15.5 - 95/1000 = 15.405 mm
- ❖ Untuk penyimpangan batas atas ( es T<sub>d3</sub>) = 426 μ mm , maka besar diameter minor = d<sub>3es</sub> = d - es = 15.5 - 300/1000 = 15.200 mm

3. Hitung toleransi diameter pitch ulir baut (td2) pada kualitas toleransi 6 menggunakan rumus berikut : T<sub>d2</sub> (6) = 90 P<sup>0.4</sup> x d<sup>0.1</sup> dan

${}^T d_2 (7) = 1.25 {}^T d_2 (6)$  maka nilai  ${}^T d_2$  untuk

TR 20 x 4 pada kualitas 7, adalah:

$${}^T d_2 (6) = 90 P^{0.4} \times d^{0.1} = 90 \times 4^{0.4} \times 20^{0.1}$$

= 211,431 ~ 212  $\mu m$ , sehingga

$${}^T d_2 (7) = 1.25 {}^T d_2 (6) = 1.25 \times 212 = 265 \mu m$$

- Untuk penyimpangan batas bawah (ei  $T_{d2}$ ) = -95  $\mu m$ , maka besar diameter pits =  $d_{2ei} = d - ei = 18 - 265/1000 = 17.735 mm$
- Untuk penyimpangan batas atas es (es  $T_{d2}$ ) = 265  $\mu m$ , maka besar diameter pits =  $d_{2es} = d - es = 18 - 95/1000 = 17.905 mm$

### 3.2 Prosedur Pengukuran profil Ulir

Bagian-bagian penting dari ulir yang harus diukur antara lain adalah : jarak puncak ulir, sudut dasar kemiringan ulir, tinggi puncak ulir, diameter terbesar ulir, diameter minor ulir, diameter pits ulir. Dimensi-dimensi tersebut dapat diukur dengan alat ukur yang berbeda-beda sesuai dengan objek yang akan di ukur. Alat ukur yang dapat digunakan antara lain: Threads gauge, Toolmaker microscope, ISOMA, Micrometer ulir.

Untuk benda kerja yang akan di analisis, metode yang akan digunakan untuk pengukuran adalah menggunakan toolmaker microscope (loop) dan micrometer ulir. Pada dasarnya, pembacaan toolmaker microscope menggunakan lensa kaca pembesar yang dapat diatur arah vertikal . Dan memiliki meja landasan yang dilengkapi skala linier dapat diatur arah horizontal maju mundur dan kiri dan kanan dan mempunyai skala. Alat ini dapat memeriksa permukaan, kontur dan sudut dari kontur. Alat ini hanya bisa mengukur dalam range 0-25mm. Alat ukur ini memiliki ketelitian 0,001mm/1 $\mu m$ .

Sedangkan micrometer ulir yaitu alat ukur presisi yang mempunyai ketelitian hingga 0,001mm/1 $\mu$ . Alat micrometer ulir digunakan untuk mengukur  $d$  (diameter major) dan  $d_3$  (diameter minor) dimana rahang pengukurnya disesuaikan dengan dimensi dan profil ulir yang diukur. Untuk mengukur diameter pits  $d_2$  maka bentuk rahang digunakan ukurnya selebar 4 kali nilai pits ulir yang diukur dan menggunakan 3 buah pena untuk membanu bidang kontak pada profil ulir, kemudian data ukuran yang dihasilkan masih harus dihitung menggunakan rumus trigonometri.

$$Ed = M - d \left( 1 + \operatorname{cosec} \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{P}{2} \cot \frac{\alpha}{2}$$

Dimana : M = jarak luar kawat, Ed = diameter efektif ulir, d = diameter kawat,  $\alpha$  = sudut ulir.

Tahapan pengukuran diameter mayor dan diameter minor menggunakan toolmaker microscope, adalah sebagai berikut :

1. Persiapkan material dan benda kerja
2. Setting nol landasan meja vertical, horizontal dan sudut dari sumbu lensa (dimaksudkan agar posisi sumbu pada lensa tepat pada titik nol vertikal dan nol horizontal)
3. Gunakan block basic yang ada pada landasan dan dial hingga lurus (block besi digunakan untuk menjadi acuan basic yang lurus, dan benda kerja disejajarkan dan ditempelkan pada bidang basic)
4. Pasang benda kerja pada landasan meja dan tempelkan pada block basic (tentukan dimensi mana yang akan di ukur dan arah kan ke lensa, sehingga kontur/dimensi yang akan di ukur terlihat jelas di lensa)
5. Lihat pada lensa, pastikan titik sumbu nol tepat pada titik awal dimensi yang akan di ukur (karena titik sumbu nol pada lensa adalah titik untuk setiap awal pengukuran)
6. Ukur dimensi atau kontur dengan cara memutar eretan berskala maju mundur atau menyamping (setiap putaran dari eretan menunjukkan skala yang merupakan dimensi dari benda kerja yang di ukur, ketelitian dari skala tersebut hingga 0,001mm)
7. Untuk menghitung sudut, pastikan titik titik nol sumbu tepat pada pusat dari kedua sumbu yang akan di ukur (karena untuk pengukuran sudut, titik yang menjadi basic adalah titik pusat dari kedua sumbu yang akan di ukur)
8. Pastikan garis sumbu lensa segaris dengan garis bidang awal pengukuran (garis bidang awal merupakan awal dari pengukuran sudut)
9. Putar garis sumbu lensa sampai segaris dengan garis bidang akhir dimensi (untuk mengetahui sudut dari kontur benda kerja yang kita ukur)

Tahapan pengukuran diameter pits menggunakan micrometer ulir, adalah sebagai berikut :

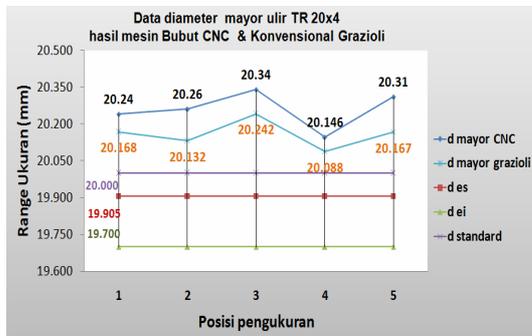
1. Persiapkan micrometer, pena, dua center, dan benda kerja.
2. Pasang benda kerja pada dua center (untuk memudahkan dalam pengukuran, karena bila tidak dipasang pada dua center maka akan sulit untuk melakukan pengukuran)
3. Pasang 3 buah pena pada alur ulir (lihat pada gambar, dibantu dengan karet untuk menahan ketiga pena)
4. Ukur dengan menggunakan micrometer pada pena yang terdapat pada alur ulir.

5. Lakukan beberapa kali pengukuran (untuk mendapatkn hasil penyimpangan perlu dilakukannya bebeprapa kali pengukuran yang berbeda posisi)

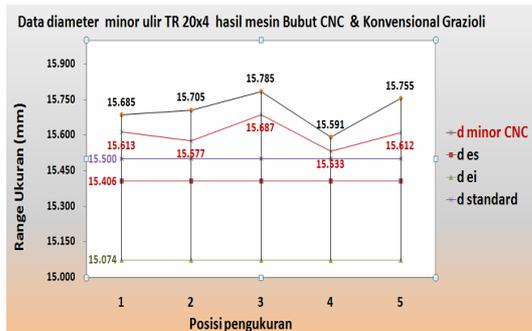
**4. Hasil dan Pembahasan**

Setelah dilakukan observasi proses pembuatan ulir trapesium pada mesin bubut grazioli Dania dan CNC Gildemeister, dengan dua cara yaitu sebelum dan sesudah diterapkan spesifikasi toleransi ulir dalam proses pembuatan ulir, kemudian dilakukan pengukuran terhadap profil ulir . Adapun data hasil pengukuran diuraikan sebagai berikut :

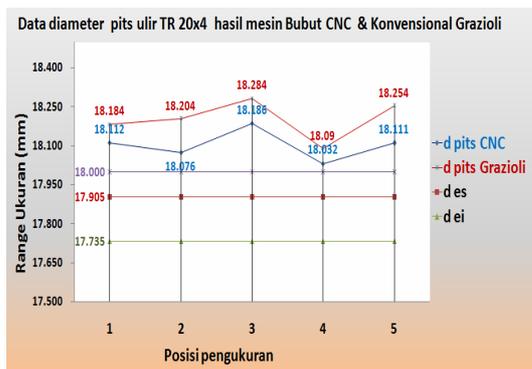
a. Data pengukuran sebelum digunakan spesifikasi ulir adalah sebagai berikut :



Grafik 1. Penyimpangan diameter mayor

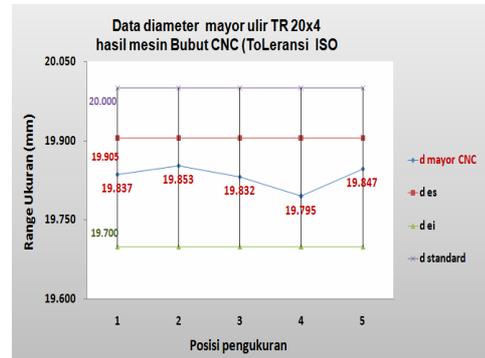


Grafik 2. Penyimpangan diameter minor

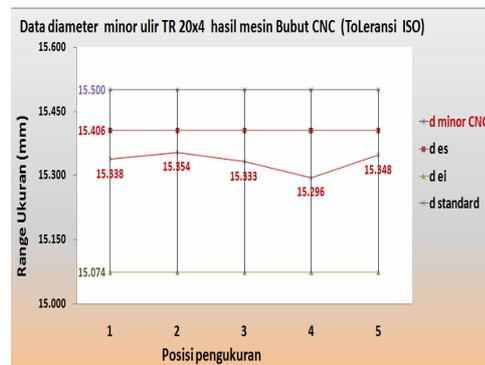


Grafik 3. Penyimpangan diameter pits

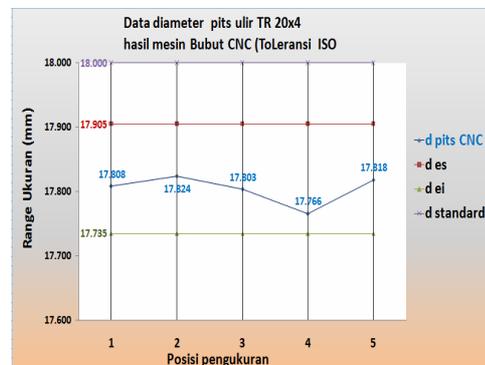
b. Data pengukuran sesudah diterapkan spesifikasi ulir adalah sebagai berikut :



Grafik 4. Hasil pengukuran diameter mayor



Grafik 5. Hasil pengukuran diameter minor



Grafik 6. Hasil pengukuran diameter pits

Kualitas ukuran hasil pemotongan di mesin Bubut grazioli dan CNC, dari grafik 1, 2, dan 3 terlihat bahwa nilai diameter ulir berada diluar toleransi yang diijinkan . Kondisi tersebut diatas dikarenakan pada gambar kerja belum diterapkan spesifikasi ulir dan pengoperasian mesin grazioli oleh operator masih secara manual dimungkinkan terjadi perbedaan pemotongan. Sehingga menyebabkan ukuran diameter yang dihasilkan bervariasi, selain itu kondisi Backlash transportir, roda gigi ulir, dan eretan pada mesin grazioli menyebabkan pemotongan ulir menjadi tidak presisi

Sedangkan dari grafik 4, 5, dan 6 terlihat bahwa kualitas hasil pemotongan di mesin Bubut CNC dengan menerapkan spesifikasi ulir, ternyata nilai ukuran diameter ulirnya berada diantara batas atas dan batas bawah toleransi yang diijinkan. Hal ini disebabkan pada gambar kerja diterapkan spesifikasi ulir, selain itu pada mesin CNC memiliki kepresisian yang tinggi.

[6] Machinery's Handbook Twenty- eighth edition, Industrial Press, By Erik Oberg, Franklin D. Jones, Holbrook L, Horton, And Henry H. ryffell. 2008. (hal.1808 - 1818 )

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan penelitian diatas , maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah dibuat spesifikasi ulir pada profil ulir trapesium 20x4 sesuai standar ISO-2903-1977 .
2. Telah disusun Prosedure pengukuran profil ulir sesuai spesifikasi ulir trapesium Tr 20x4.
3. Kualitas geometri profil ulir trapesium 20x4 hasil proses mesin CNC, dapat memenuhi spesifikasi ulir standar ISO-2903-1977

## Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu secara doa dan kerja sama, khususnya kepada :

1. Bapak Yatna Yuwana. M dan Sri Raharno selaku pembimbing Tesis yang telah memberikan bimbingan, petunjuk dan nasehat serta dukungannya dengan ikhlas
2. Politeknik Manufaktur Negeri Bandung yang telah memfasilitasi penelitian ini.
3. Segenap instruktur di bengkel jurusan teknik manufaktur , Politeknik Manufaktur Negeri Bandung

## Daftar Pustaka

- [1] ISO 2901: ISO metric trapezoidal screw threads -- Basic profile and maximum material profiles ,1977
- [2] ISO 2902: ISO metric trapezoidal screw threads -- General plan, 1977
- [3] ISO 2903: ISO metric trapezoidal screw threads – Tolerances ,1977
- [4] ISO 2904: ISO metric trapezoidal screw threads -- Basic dimensions ,1977
- [5] Taufiq Rochim, Spesifikasi, metrologi & kontrol kualitas geometrik jilid 2, Industrial Metrology Laboratory Mechanical & Production engineering, FTI-ITB , Bandung, 2006.( hal. 369 s/d 396 )