

STUDI KECERMATAN ALAT UKUR KEBULATAN (*ROUNDNESS TESTER MACHINE*) PRODUKSI LABORATORIUM PENGUKURAN UNIVERSIATAS RIAU

Indro Parma¹, Adhy Prayitno², Dodi Sofyan Arief³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

³Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

indro_parma@yahoo.co.id

Abstract

Accuracy is the closeness or the accuracy of the measurement results with the actual value. Accuracy can also mean a measure of the closeness results of the analysis of the actual invitation analyte levels. Accuracy is vital that must be fulfilled and owned by any measurement tool, use the measuring instrument that has high accuracy and good will produce accurate measurement data and other wise use measuring devices are not accurate, do not meet the standards of the results obtained will not be accurate. This study aims to determine the value of the mandrel roundness deviation, roundness accuracy Measuring Equipment (Roundness Tester Machine) and large deviations in the roundness measuring instrument (Roundness TesterMachine) (instrument error) and the operator or gauges (human error). From the results, the large stroundness deviation value for minimum circumscribed circle is 0,474 mm, maximum inscribed circle 0,417 mm, minimum zone circle 0,495 mm, least squares circle 0,207 mm, for the value of sphericity (roundness) for the smallest outer for minimum circumscribed circleis 0,003 mm, maximum inscribed circle 0,003 mm, minimum zone circle is 0,003 mm, least squares is 0,001 mm. Value accuracy roundness measuring instrument (Roundness TesterMachine) in position 1 = 0,006 mm, position 2 = 0,006 mm, position 3 = 0,011 mm, position 4 = 0,018 mm, position 5 = 0,003 mm, position 6 = 0,018 mm, position 7 = 0,021 mm, position 8 = 0,031 mm, position 9 = 0,002 mm, position 10 = 0,001 mm and error measuring instrument (instrument error) is the largest 0,02944 mm or 18,871% and the smallest deviation is 0,00029 mm or 0,225%. Operator error or measuring (Human Error) for first test (human) 22%, second test 5,33%, third test 182%, fourth test 187%, fifth test 58%.

Keywords: Accuracy, Deviation, Human error, Roundness Tester Machine.

1. Pendahuluan

Kecermatan atau keakuratan adalah kedekatan hasil pengukuran dengan nilai sesungguhnya. Kecermatan juga bisa berarti ukuran yang menunjukkan kedekatan hasil analisis dengan kadar analisa yang sebenarnya^[3].

Kecermatan menggambarkan kesalahan sistematis dari suatu hasil pengujian. Kesalahan sistematis berasal dari pengaruh yang dapat diketahui dengan pasti dan bersifat konstan. Sumber kesalahan bisa dari kelembaban, bahan

referensi, ketidakpastian yang diberikan oleh sertifikat, metode analisis dan lain-lain^[9].

Menurut JIS (B0651 – 1984), “Kebulatan di definisikan sebagai jumlah dari deviasi bentuk lingkaran dari sebuah lingkaran pasti geometris.” Di sini bentuk lingkaran adalah sebuah bentuk yang dispesifikasikan menjadi sebuah lingkaran sebagai sebuah bentuk bidang atau bagian silang dari sebuah permukaan yang berotasi. Kebulatan di tentukan oleh

perbedaan antara jari-jari lingkaran konsentris yang dekat dengan bentuk lingkaran yang dipertimbangkan ketika jarak antara dua lingkaran minimum, kebulatan dinyatakan sebagai kebulatan mm atau kebulatan μm .

Untuk mengetahui kecermatan pada alat ukur dan hasil pengukurannya, tentunya harus ada acuan dasar yang dijadikan sebagai referensi yang jelas ketertelusurannya atau sumbernya. Mandrel adalah sebuah benda ukur standar yang telah dikalibrasi dan disertifikasi kualitas kebulatannya oleh sebuah lembaga kalibrasi yaitu PT. Global Quality Indonesia, data hasil pengukuran pada Mandrel ini akan dijadikan acuan dasar untuk mengetahui kecermatan dari alat *Roundness Tester Machine*.

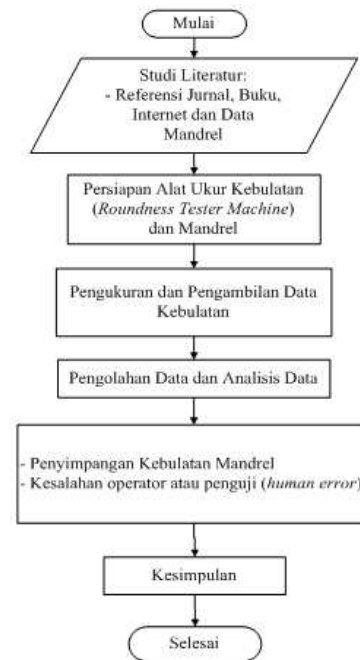
Alat ukur kebulatan *Roundness Tester Machine* adalah sebuah alat ukur dengan menggunakan prinsip dua buah *center* sebagai pencekam benda kerja yang akan diukur, dan sudah dilengkapi dengan motor penggerak benda kerja dan penggerak sensor dan data hasil pengukuran dari alat ini bisa diinput dan diolah langsung ke Komputer menggunakan program Microsoft Excel dan Sigma Round, akan tetapi alat ini belum diuji kecermatan pengukuran atau ketelitian hasil pengukurannya dan perlu adanya penelitian yang membahas tentang studi atau upaya yang dilakukan untuk menstandarkan dan mengetahui kecermatan atau ketelitian dan besarnya penyimpangan hasil pengukuran pada alat *Roundness Tester Machine*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecermatan alat *Roundness Tester Machine*, kesalahan operator atau pengukur (*Human Error*), besar penyimpangan hasil pengukuran pada alat *Roundness Tester Machine*.

2. Metode

2.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Pada *flowchart* di atas dapat dijelaskan alur penelitian yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Studi literatur.
Studi literatur meliputi proses pengumpulan informasi dan referensi yang membahas tentang materi yang berkaitan dengan penelitian dari jurnal, buku, internet, hasil diskusi dengan dosen pembimbing dan juga data Mandrel dari lembaga kalibrasi (PT. Global Quality Indonesia).
2. Persiapan Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*) dan Mandrel.
Menyiapkan Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*), memeriksa semua komponen atau kelengkapan Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*) yaitu Motor Penggerak, Sensor Dial Indikator dan Komputer dan menyiapkan Mandrel.
3. Pengukuran dan Pengambilan Data Kebulatan.
Melakukan Pengukuran dan Pengambilan Data Kebulatan pada Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*) sesuai prosedur Pengujian. Pengambilan data

penyimpangan kebulatan pada alat ukur kebulatan (*Roundness Tester Machine*) dengan cara melakukan pengukuran atau pengambilan data pada alat ukur, pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan data kebulatan yang sesuai atau mendekati data hasil pengukuran kebulatan pada PT. Global Quality Indonesia.

4. Pengolahan Data dan Analisis Data
Melakukan proses Pengolahan Data dan Analisis Data berdasarkan lingkaran referensi kebulatan (Lingkaran luar minimum, Lingkaran dalam maksimum, Lingkaran daerah minimum dan Lingkaran kuadrat terkecil) untuk Mengetahui besar penyimpangan kebulatan mandrel dengan empat lingkaran referensi, Mengetahui kecermatan Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*) dan besar penyimpangan oleh alat ukur (*instrument error*), Menghitung besarnya kesalahan Operator atau Pengukur (*Human Error*).
5. Penyimpangan kebulatan, Kesalahan operator (*human error*).
Setelah dilakukan pengolahan data dan analisis data maka didapatkan nilai penyimpangan kebulatan berdasarkan empat lingkaran referensi dan, setelah nilai penyimpangan kebulatan didapatkan maka nilai penyimpangan terkecil atau nilai penyimpangan yang paling mendekati nilai data penyimpangan kebulatan mandrel dijadikan sebagai nilai kecermatan alat ukur kebulatan *Roundness Tester Machine*. Selanjutnya dapat diketahui besar kesalahan operator (*human error*).

2.2 Variabel Penelitian

Variabel adalah suatu atribut atau sikap aspek dari orang maupun objek yang mempunyai variabel variasi tertentu yang diterapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan ditarik kesimpulannya. Adapun

variabel yang termasuk dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas
Variabel bebas pada penelitian ini adalah Jumlah Pengukur atau Operator dan Jumlah Pengambilan data.
2. Variabel Terikat
Variabel terikat pada penelitian ini adalah penyimpangan kebulatan pada mandrel, kecermatan Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*) dan besar penyimpangan hasil pengukuran pada alat ukur kebulatan (*Roundness Tester Machine*) dan kesalahan operator (*human error*).
3. Variabel Kontrol
Variabel kontrol pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Mandrel.
 - b. Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*).

2.3 Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Metode pustaka
Yaitu proses pengumpulan data-data teori pendukung yang bisa diperoleh dari berbagai jenis Buku atau berbagai literature yang berkaitan dengan topik penelitian.
2. Metode pengujian
Yaitu melakukan Pengujian pada alat ukur kebulatan (*Roundness Tester Machine*) sehingga dari Pengujian ini didapatkan data penyimpangan kebulatan pada alat ukur yang selanjutnya akan dipelajari dan dibahas, setelah dilakukan perhitungan atau pengolahan data maka didapatkan penyimpangan kebulatan yang mendekati data mandrel yang dijadikan acuan pada penelitian ini sehingga dari perhitungan dan pembahasan yang dilakukan akan memperoleh kesimpulan.

3. Metode observasi
Yaitu melakukan suatu pengamatan dan pencatatan terhadap benda kerja yang telah di uji sehingga menghasilkan data.

2.4 Bahan Penelitian
Berikut ini adalah gambar bahan penelitian yang digunakan.



Gambar 2.2 Mandrel

2.5 Alat Penelitian
Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Alat *Roundness Tester Machine*



Gambar 2.3 Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*)

2. Thermometer
Pada gambar 2.4 dapat dilihat thermometer yang digunakan untuk mengukur temperatur pada penelitian ini



Gambar 2.4 Thermometer

3. Kunci Kombinasi
Kunci Kombinasi yang digunakan pada penelitian ini adalah ukuran 10 mm.

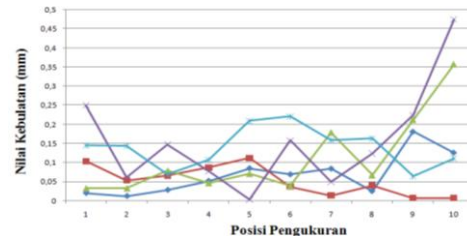


Gambar 2.5 Kunci Kombinasi

3. Hasil

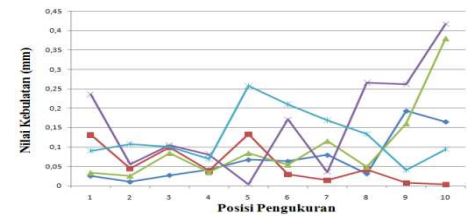
3.1 Penyimpangan kebulatan mandrel

1. Lingkaran luar minimum



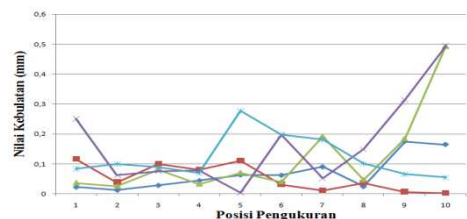
Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Penyimpangan Kebulatan Berdasarkan Lingkaran Luar Minimum

2. Lingkaran dalam maksimum



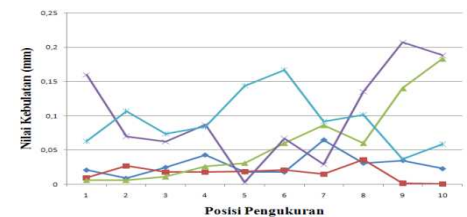
Gambar 3.2 Grafik Perbandingan Penyimpangan Kebulatan Berdasarkan Lingkaran Dalam Maksimum

3. Lingkaran daerah minimum



Gambar 3.3 Grafik Perbandingan Penyimpangan Kebulatan Berdasarkan Lingkaran Daerah Minimum

4. Lingkaran kuadrat terkecil



Gambar 3.4 Grafik Perbandingan Penyimpangan Kebulatan Berdasarkan Lingkaran Kuadrat Terkecil

3.2 Kecermatan alat ukur kebulatan (*roundness tester machine*) dan kesalahan dari alat ukur



Gambar 3.5 Grafik Kecermatan Alat Ukur Kebulatan (*Roundness Tester Machine*)

Berikut adalah tabel besar kesalahan yang berasal dari alat ukur.

Tabel kesalahan alat ukur

| Posisi | e (mm) | e (%) |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0,00406 | 2,103 |
| 2 | 0,00436 | 2,655 |
| 3 | 0,00448 | 2,711 |
| 4 | 0,0160 | 8,130 |
| 5 | 0,00922 | 4,437 |
| 6 | 0,0163 | 9,696 |
| 7 | 0,0193 | 11,571 |
| 8 | 0,02944 | 18,871 |
| 9 | 0,00069 | 0,527 |
| 10 | 0,00029 | 0,225 |

3.3 Kesalahan operator (*Human error*)

Kesalahan operator atau penguji dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel kesalahan operator pertama

| Posisi | e (mm) | e (%) |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0,015 | 2,5 |
| 2 | 0,003 | 0,5 |
| 3 | 0,014 | 1,273 |
| 4 | 0,025 | 1,389 |
| 5 | 0,015 | 5 |
| 6 | 0 | 0 |
| 7 | 0,044 | 2,095 |
| 8 | 0 | 0 |
| 9 | 0,033 | 16,5 |
| 10 | 0,022 | 22 |

Tabel kesalahan operator kedua

| Posisi | e (mm) | e (%) |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0,004 | 0,67 |
| 2 | 0,021 | 3,5 |
| 3 | 0,007 | 0,636 |
| 4 | 0 | 0 |
| 5 | 0,016 | 5,33 |
| 6 | 0,003 | 0,167 |
| 7 | 0 | 0 |
| 8 | 0,005 | 0,161 |
| 9 | 0 | 0 |
| 10 | 0 | 0 |

Tabel kesalahanoperator ketiga

| Posisi | e (mm) | e (%) |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 0,008 | 0,44 |
| 5 | 0,028 | 9,33 |
| 6 | 0,006 | 0,33 |
| 7 | 0,065 | 3,09 |
| 8 | 0,021 | 0,677 |
| 9 | 0,138 | 69 |
| 10 | 0,182 | 182 |

Tabel kesalahanoperatorkeempat

| Posisi | e (mm) | e (%) |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0,154 | 25,7 |
| 2 | 0,064 | 10,7 |
| 3 | 0,051 | 4,64 |
| 4 | 0,069 | 3,83 |
| 5 | 0 | 0 |
| 6 | 0,049 | 2,72 |
| 7 | 0,008 | 0,38 |
| 8 | 0,104 | 3,35 |
| 9 | 0,205 | 102,5 |
| 10 | 0,187 | 187 |

Tabel kesalahan operator kelima

| Posisi | e (mm) | e (%) |
|--------|----------|---------|
| 1 | 0,057 | 9,5 |
| 2 | 0,101 | 16,83 |
| 3 | 0,063 | 5,73 |
| 4 | 0,113 | 6,28 |
| 5 | 0,141 | 47 |
| 6 | 0,149 | 8,28 |
| 7 | 0,071 | 3,38 |
| 8 | 0,035 | 1,13 |
| 9 | 0,035 | 17,5 |
| 10 | 0,058 | 58 |

4. Pembahasan

Dari hasil perhitungan penyimpangan kebulatan untuk masing-masing penguji dapat disimpulkan bahwa pada lingkaran referensi Lingkaran Luar Minimum (Gambar 3.1) terdapat perbedaan penyimpangan kebulatan hasil pengukuran, dapat dilihat pada posisi 10 nilai penyimpangan semakin besar yaitu mencapai 0,474 mm. Pada Lingkaran Dalam Maksimum (Gambar 3.2) dapat dilihat pada grafik ini perbedaan nilai penyimpangan kebulatan tidak terlalu besar yaitu antara 0,001 mm-0,417 mm, artinya hasil perhitungan lingkaran dalam maksimum lebih baik dari lingkaran luar minimum. Pada lingkaran daerah minimum (Gambar 3.3) nilai penyimpangan kebulatan untuk masing-

masing pengujian hampir sama dengan lingkaran dalam minimum yaitu antara 0,001 mm-0,495 mm. Pada lingkaran kuadrat terkecil (Gambar 3.4) nilai penyimpangan kebulatan masing-masing pengujian berada antara 0,001 mm-0,207 mm, artinya lingkaran kuadrat terkecil jauh lebih baik untuk menentukan nilai penyimpangan kebulatan benda kerja, hal ini terbukti karena pada dasarnya ISO menganjurkan untuk menggunakan lingkaran kuadrat terkecil sebagai lingkaran referensinya.

Nilai kecermatan berdasarkan (Gambar 3.5) Pada posisi 1, 2, dan 3 nilai yang mendekati data Mandrel adalah hasil pengujian 3, pada posisi 4 nilai yang mendekati data Mandrel adalah hasil pengujian 2, pada posisi 5 nilai yang mendekati data Mandrel adalah hasil pengujian 4, pada posisi 6 nilai yang mendekati data Mandrel adalah hasil pengujian 1, pada posisi 7, 9, 10 nilai yang mendekati data Mandrel adalah pengujian 2, dan pada posisi 8 nilai yang mendekati data Mandrel adalah pengujian pertama. Dari hasil perhitungan dan grafik pada (Gambar 3.5) didapatkan nilai rata-rata kecermatan untuk LSC (*Roundness Tester Machine*) yaitu 0,0117 mm dan LSC (PT. Global Quality Indonesia) yaitu 0,0017 mm, sehingga didapatkan nilai toleransi untuk alat ukur kebulatan *Roundness Tester Machine* sebesar 0,01 mm. Dapat dilihat dari besar penyimpangan nilai kebulatan pada posisi 1 di dapatkan nilai kecermatan sebesar 0,006 mm sedangkan nilai kecermatan yang harus dicapai adalah 0,001934 mm artinya terdapat penyimpangan atau *error* sebesar 0,00406 mm atau 2,10%, penyimpangan terbesar yaitu terdapat pada posisi 8 yaitu sebesar 0,02944 mm atau 18,871% dan penyimpangan terkecil yaitu terdapat pada posisi 10 yaitu sebesar 0,00029 mm atau 0,225%, secara teoritis penyimpangan tersebut dapat terjadi karena beberapa hal seperti getaran dari motor penggerak sensor dan benda kerja, kelembaban, tingkat kebisingan dan pada pembahasan

ini faktor-faktor tersebut diabaikan karena keterbatasan alat yang digunakan. Dan penyimpangan ini juga disebabkan oleh konstruksi dari alat ukur yaitu pada kedudukan kedua center, pada bagian ini sulit sekali membuat kedua bagian center ini satu sumbu (*alignment*) sehingga sangat dibutuhkan ketelitian pengujian saat menempatkan atau memasang benda kerja pada kedua center tersebut.

Dari hasil perhitungan kesalahan oleh operator dapat disimpulkan bahwa kesalahan operator atau berpengaruh besar terhadap hasil pengukuran kebulatan yang dihasilkan dan kecermatan dari alat ukur kebulatan (*roundness tester machine*), semakin besar kesalahan operator atau pengujian maka semakin besar penyimpangan kebulatan yang di hasilkan dan persentase kecermatan alat ukur kebulatan (*roundness tester machine*) akan semakin kecil. Pada pengujian pertama kesalahan operator mencapai 0,022 mm atau 22%. Pada pengujian kedua nilai kesalahan atau *error* yang dihasilkan lebih rendah yaitu 0,016 mm atau 5,33%. Untuk pengujian ketiga kesalahan operator yaitu mencapai 0,182 mm atau 182%. Untuk pengujian keempat kesalahan operator atau pengujian yaitu mencapai 0,187 mm atau 187%, sedangkan untuk pengujian kelima kesalahan operator atau pengujian yaitu mencapai 0,058 mm atau 58%. Dari keseluruhan hasil perhitungan kesalahan operator atau pengujian dapat dilihat bahwa hasil kebulatan pengujian kedua lebih baik dibandingkan pengujian lainnya karena kesalahan operator yang dihasilkan oleh pengujian kedua lebih rendah dibandingkan pengujian lainnya dan dapat disimpulkan bahwa ketelitian dan keahlian dari pengujian atau operator sangat mempengaruhi hasil akhir dari pengukuran.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis data yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Nilai kebulatan madrel pada hasil uji instrumen dan *roundness tester machine* berturut-turut adalah seperti tabel berikut:

| Lingkaran referensi/ Posisi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| LSC RTM | 0,006 | 0,006 | 0,011 | 0,018 | 0,003 | 0,018 | 0,021 | 0,031 | 0,002 | 0,001 |
| LSC PT. GQI | 0,0019 34 | 0,0016 42 | 0,0016 52 | 0,0019 68 | 0,0020 78 | 0,0016 81 | 0,0016 68 | 0,0015 60 | 0,0013 09 | 0,0012 91 |

Keterangan : LSC RTM (*Least Square Circle Roundness Tester Machine*)
LSC PT. GQI (*Least Square Circle PT. Global Quality Indonesia*)

Dari data pada tabel diatas didapatkan nilai rata-rata kecermatan untuk LSC (*Roundness Tester Machine*) yaitu 0,0117 mm dan LSC (PT. Global Quality Indonesia) yaitu 0,0017 mm, sehingga didapatkan nilai toleransi untuk alat ukur kebulatan *Roundness Tester Machine* sebesar 0,01 mm.

- 2) Hasil ukur yang diberikan oleh operator memberi nilai dengan deviasi kebulatan antara 5,33%-187%, ini menunjukkan bahwa operator menyumbang ketidakcermatan alat ukur yang cukup besar.

Daftar Pustaka

- [1] Ardinata, Stefanus, D. 2011. Pengaruh Gerak Makan Dan Sudut Potong Utama Terhadap Hasil Keselindrisan Permukaan Benda Kerja ST 42 Pada Proses Bubut Selindris. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret*.
- [2] Bozdana, T. 2011. Engineering Metrology and Quality Control. *Jurnal University of Gaziantep*.
- [3] Chan, Chung Chown., Herman Lam, Y.C. Lee, Xue Ming Zhang (ed). 2004 *Analytical Method Validation and Instrument Performance Verification*. John Willey and Sons, Inc Publication. New Jersey.
- [4] Hidayat, Metri. 2011. Pengaruh Parameter Proses Terhadap Kualitas Geometrik Hasil Pembubutan Poros Idler Dengan Pendekatan Taguchi. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Andalas*
- [5] Helmidadang.2012.<http://helmidadang.wordpress.com/2012/12/30/roundness-test/>.(diakses 17 juli 2014).
- [6] Nugroho, Adi. 2009. Pengaruh Gerak Makan Dan Sudut Potong Utama Terhadap Hasil Keselindrisan Permukaan Benda Kerja Pada Proses Bubut Silindris. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret*.
- [7] Rochim, Taufiq. 2001. Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik 1. Bandung: ITB.
- [8] Rochim, Taufiq. 2006. Spesifikasi, Metrologi & Kontrol Kualitas Geometrik 2. Bandung: ITB.
- [9] Sumardi. 2005. Tinjauan Umum Validasi Metode Analisis Pusat Penelitian Kimia LIPI Bandung.
- [10] William, David, C. Instrumentasi Elektronik dan Pengukuran.
- [11] Yanis, Muhammad. 2010. Analisis Profil Kebulatan Untuk Menentukan Kesalahan Geometrik Pada Pembuatan Komponen Menggunakan Mesin Bubut CNC. *Jurnal Rekayasa Sriwijaya No.1 Vol.19, Maret 2*

TABEL HASIL PERHITUNGAN PENYIMPANGAN KEBULATAN MANDREL

Tabel Penyimpangan Kebulatan Operator Pertama (mm)

| Lingkaran referensi/ Posisi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lingkaran Kuadrat Terkecil | 0,021 | 0,009 | 0,025 | 0,043 | 0,018 | 0,018 | 0,065 | 0,031 | 0,035 | 0,023 |
| Lingkaran Daerah Minimum | 0,022 | 0,013 | 0,028 | 0,044 | 0,063 | 0,062 | 0,090 | 0,076 | 0,175 | 0,165 |
| Lingkaran Dalam Maksimum | 0,025 | 0,010 | 0,027 | 0,041 | 0,067 | 0,063 | 0,079 | 0,095 | 0,193 | 0,165 |
| Lingkaran Luar Minimum | 0,022 | 0,010 | 0,031 | 0,043 | 0,025 | 0,021 | 0,054 | 0,075 | 0,030 | 0,079 |

Tabel Penyimpangan Kebulatan Operator Kedua (mm)

| Lingkaran referensi/ Posisi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lingkaran Kuadrat Terkecil | 0,010 | 0,027 | 0,018 | 0,018 | 0,019 | 0,021 | 0,015 | 0,036 | 0,002 | 0,001 |
| Lingkaran Daerah Minimum | 0,116 | 0,039 | 0,100 | 0,081 | 0,111 | 0,032 | 0,034 | 0,036 | 0,007 | 0,003 |
| Lingkaran Dalam Maksimum | 0,131 | 0,044 | 0,099 | 0,038 | 0,113 | 0,029 | 0,024 | 0,042 | 0,007 | 0,003 |
| Lingkaran Luar Minimum | 0,104 | 0,053 | 0,066 | 0,087 | 0,112 | 0,037 | 0,038 | 0,040 | 0,007 | 0,007 |

Tabel Penyimpangan Kebulatan Operator Ketiga (mm)

| Lingkaran referensi/ Posisi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lingkaran Kuadrat Terkecil | 0,006 | 0,006 | 0,011 | 0,026 | 0,031 | 0,024 | 0,086 | 0,060 | 0,140 | 0,183 |
| Lingkaran Daerah Minimum | 0,037 | 0,026 | 0,081 | 0,033 | 0,071 | 0,041 | 0,193 | 0,065 | 0,185 | 0,494 |
| Lingkaran Dalam Maksimum | 0,033 | 0,025 | 0,084 | 0,034 | 0,084 | 0,054 | 0,115 | 0,062 | 0,160 | 0,380 |
| Lingkaran Luar Minimum | 0,033 | 0,033 | 0,079 | 0,047 | 0,071 | 0,039 | 0,179 | 0,086 | 0,212 | 0,357 |

Tabel Penyimpangan Kebulatan Operator Keempat (mm)

| Lingkaran referensi/ Posisi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lingkaran Kuadrat Terkecil | 0,160 | 0,070 | 0,062 | 0,087 | 0,003 | 0,067 | 0,029 | 0,135 | 0,207 | 0,188 |
| Lingkaran Daerah Minimum | 0,251 | 0,062 | 0,076 | 0,079 | 0,004 | 0,198 | 0,052 | 0,149 | 0,315 | 0,495 |
| Lingkaran Dalam Maksimum | 0,236 | 0,056 | 0,105 | 0,081 | 0,004 | 0,171 | 0,035 | 0,266 | 0,262 | 0,417 |
| Lingkaran Luar Minimum | 0,250 | 0,061 | 0,147 | 0,077 | 0,003 | 0,158 | 0,049 | 0,124 | 0,224 | 0,474 |

Tabel Penyimpangan Kebulatan Operator Kelima (mm)

| Lingkaran referensi/ Posisi | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Lingkaran Kuadrat Terkecil | 0,063 | 0,107 | 0,074 | 0,084 | 0,144 | 0,167 | 0,092 | 0,102 | 0,037 | 0,059 |
| Lingkaran Daerah Minimum | 0,084 | 0,100 | 0,089 | 0,079 | 0,227 | 0,197 | 0,181 | 0,101 | 0,065 | 0,055 |
| Lingkaran Dalam Maksimum | 0,090 | 0,108 | 0,101 | 0,079 | 0,257 | 0,210 | 0,169 | 0,134 | 0,041 | 0,094 |
| Lingkaran Luar Minimum | 0,145 | 0,144 | 0,069 | 0,158 | 0,209 | 0,221 | 0,159 | 1,643 | 0,064 | 0,111 |