

# Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu Pengukuran Kebulatan Pada Pipa Berdiameter 1520mm dan 1540mm

M. Iskandar Syah<sup>\*1</sup>, Budi Baharudin\* Windy Stefani\*

\* Politeknik Negeri Batam

Jurusan Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Center, Batam 29461, Indonesia

<sup>1</sup>E-mail: [iskandarsyah.m03@email.com](mailto:iskandarsyah.m03@email.com)

## Abstrak

Alat bantu pengukuran kebulatan merupakan produk yang jarang digunakan oleh perusahaan yang memproduksi pipa baja diameter besar, alat ini difungsikan untuk memeriksa apakah terdapat celah antara diameter pipa dengan sisi lengkung alat, celah tersebut kemudian diukur menggunakan *Taper guide* hingga diperoleh hasil pengukuran. Konsep perancangan yang digunakan oleh penulis mengacu pada buku *NORSOK standard M-101* dimana terdapat sebuah gambar yang memberikan informasi bahwa dibutuhkan alat bantu pengukur busur dengan panjang  $20^\circ$  dari *ODn* (*Outside Diameter Nominal*). Pada penelitian ini alat bantu pengukuran kebulatan akan dibuat menggunakan mesin *CNC Milling* dengan metode, *Pocketing* dan *Contouring* hingga dilakukan pengukuran untuk memperoleh data apakah metode ini efisien untuk dilakukan. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui proses apa saja yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan. Selain itu, laporan akhir ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran atau dokumen pengumpul data khususnya pada saat perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan berikutnya. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari pengumpulan data, perancangan produk, pembuatan produk, pengukuran produk menggunakan *Coordinate Measuring Machine*, analisa waktu dan biaya. Hasil pengukuran yang diperoleh masih dapat diterima dengan toleransi yang telah ditetapkan dan dapat disimpulkan bahwa alat ini dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

**Kata kunci:** Alat bantu, Kebulatan, Pipa, Perancangan

## Abstract

*A roundness gauge is a product that is rarely used by companies that produce large diameter steel pipes, this tool is used to check whether there is a gap between the pipe diameter and the curved side of the tool, the gap is then measured using a Taper guide until the measurement results are obtained. The design concept used by the author refers to the NORSOK standard M-101 book where there is a picture that provides information that an arc measuring aid is needed with a length of  $20^\circ$  from ODn (Outside Diameter Nominal). In this research, the roundness measurement tool will be made using a CNC Milling machine with the method, Pocketing and Contouring until measurements are made to obtain data on whether this method is efficient to do. The purpose of this final project is to find out what processes are carried out in the design and manufacture the roundness gauge. In addition, this final report is also expected to be used as a learning tool or data collection document, especially when designing and making the next roundness gauges. The method used in this research starts from data collection, product design, product manufacturing, product measurement using Coordinate Measuring Machine, time and cost analysis. The measurement results obtained are still acceptable with the predetermined tolerance and it can be concluded that this tool can be used properly.*

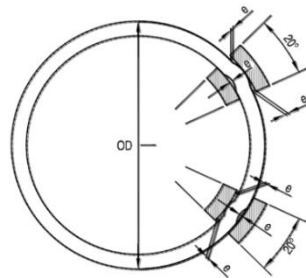
**Keywords:** Gauge, Roundness, Pipe, Design

## 1 Pendahuluan

Untuk menjamin mutu produknya, suatu perusahaan harus mengembangkan dan menjaga sistem pemantauan, pengendalian dan pengukuran sesuai dengan prosedur *standard* yang ditetapkan. Proses ini melibatkan penilaian secara berkala untuk memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Pelulusan produk dan penyediaan layanan kepada pelanggan hanya dapat dilakukan setelah memenuhi semua persyaratan yang telah ditetapkan dan mendapatkan persetujuan dari pihak berwenang. Selain itu, perusahaan juga perlu menyimpan bukti kesesuaian terhadap kriteria keberterimaan untuk validitas produk yang telah diproduksi [1].

PT. XYZ adalah perusahaan manufaktur yang berfokus pada pembuatan pipa baja diameter besar dan tubular struktural. Perusahaan ini telah berkembang dikancah internasional dan menerapkan sistem manufaktur yang memastikan kualitas produk sesuai standar yang berlaku. Produk yang dihasilkan PT. XYZ meliputi pipa ekspor dan domestik diantaranya pipa Konstruksi anjungan lepas pantai minyak dan gas, *Pipeline, Pipe Marine*, Konstruksi sipil dan Umum. Produk pipa yang dihasilkan akan melewati pengujian terhadap beberapa indikator mulai dari perhitungan panjang, kebulatan dan ketebalan, dari ketiga poin tersebut kebulatan menjadi hal yang paling diperhatikan. Kebulatan yang tidak sempurna pada pipa dapat mempengaruhi hasil sambungan pengelasan sehingga menyebabkan masalah struktural, kebocoran, dan inefisiensi dalam aliran fluida.

Sehubungan dengan kualitas produk yang dijaga oleh perusahaan, ketidakbulatan (*Out of Roundness*) pada bentuk pipa menjadi hal yang harus dihindari dalam produksi pipa, ketidakbulatan didefinisikan sebagai perbedaan antara bentuk aktual dan bentuk melingkar ideal dari sebuah pipa. Ketidakbulatan tidak boleh menyimpang dari kelengkungan teoritis lebih dari toleransi yang ditetapkan ( $e = 0.002 \times OD_n$ ). Untuk menentukan nilai  $e$  (Celah) pada permukaan diameter pipa dibutuhkan alat bantu pengukur busur dengan panjang  $20^\circ$  dari  $OD_n$  (*Outside Diameter Nominal*) [2]. Rumus mencari nilai toleransi bisa dilihat pada Gambar 1.



$e = \max. 0.002 \times OD_n$  where  $OD_n =$  nominal outside diameter

Gambar 1: Referensi gambar alat bantu pengukuran kebulatan [1]

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, sebuah perusahaan yang memproduksi pipa berdiameter besar sangat membutuhkan alat bantu pengukuran kebulatan untuk menjaga kualitas kebulatan pipa yang diproduksinya, sehingga penulis tertarik untuk mengangkat judul laporan akhir yaitu “Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu Pengukuran Kebulatan”. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk mengetahui proses yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan. Selain itu, laporan akhir ini juga diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran atau dokumen pengumpul data khususnya pada saat perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan berikutnya. Batasan masalah dalam perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan ini adalah hanya menggunakan 1 alat untuk diuji dan proses pengerjaannya menggunakan mesin *CNC Milling*.

## 2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan ini mengacu pada beberapa penelitian perancangan dan pembuatan terdahulu. Adapun *flowchart* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2: *Flowchart* Tahapan Penelitian

## 2.1. Pengumpulan Data

Dalam melakukan proses penelitian ini diperlukan beberapa pengambilan data untuk memenuhi kriteria perancangan dan pembuatan produk. Data tersebut diperoleh melalui metode *document survey* merujuk pada spesifikasi *NORSOK standard M-101*, serta data dari hasil wawancara dengan operator *QC (Quality Control)*.

## 2.2. Perancangan Produk

Perancangan harus dilakukan dengan baik agar produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, perlu dilakukan perhitungan terhadap gambar produk yang akan dibuat dengan mempertimbangkan kondisi lapangan secara cermat, memastikan bahwa dengan alat ini operator dapat dengan mudah melakukan pengukuran. kemudian menentukan ukuran alat sesuai dengan *standard* yang berlaku. Aluminium dijadikan sebagai material pilihan karena sifatnya yang ringan, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi dengan ukuran ketebalan 6mm. Setelah menentukan materi dan ukuran yang akan digunakan, selanjutnya pembuatan gambar produk Alat bantu pengukuran kebulatan, konsep gambar yang digunakan mengacu pada spesifikasi *NORSOK standard M-101*. Gambar dibuat dalam bentuk 3D menggunakan *software Solidwork*.

## 2.3. Pembuatan Produk

Tahap awal yang perlu dilakukan sebelum pembuatan produk adalah mempersiapkan alat dan material. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Mesin *CNC Milling, Endmill 8mm, Zero Setter, dan Dial Terster*. Adapun material yang digunakan adalah Aluminium dengan ketebalan 6mm.

### 2.3.1. Pembuatan Program

Produk yang telah di desain dalam bentuk 3D selanjutnya disimulasikan menggunakan *software CAM (Computer-aided Manufacturing)* dengan menginput detail seperti jenis mesin, alat potong, dan parameter alat potong. Simulasi ini berlanjut hingga hasil yang diinginkan tercapai, hasil tersebut berupa program *CNC* yang diwakili oleh *G code* dan *M code*. Alternatifnya, program *CNC* dapat dibuat secara manual. Program-program ini ditulis dalam bahasa numerik yang terdiri dari kombinasi angka dan huruf.

### 2.3.2. Parameter proses pemesinan

Sebelum memulai proses *machining*, ada beberapa faktor yang perlu diperhitungkan diantaranya kecepatan spindle dan kecepatan pemotongan, kedua faktor ini sangat berpengaruh pada hasil pengerjaan, efisiensi waktu, keselamatan kerja, dan umur alat potong [3]. Berikut rumus kecepatan spindle dan kecepatan pemotongan.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d} \quad (1)$$

$$F = f \cdot n \cdot Z \quad (2)$$

Keterangan:

v = Kecepatan potong (m/menit)

F = Kecepatan pemakanan (m/menit)

f = Besar pemakanan (mm/putaran)

n = Kecepatan spindle (rpm)

d = Diameter alat potong (mm)

$\pi$  = Konstanta (3.14)

Z = Number of flutes

### 2.3.3. Set Up Machine

*Set Up Machine* biasanya dilakukan dengan menempatkan material pada alat pencekam, memasang alat potong yang akan digunakan untuk membuat produk dan menentukan titik nol sumbu x, y, dan z pada material sebagai titik awal yang akan digunakan sesuai dengan program *CNC* yang telah dibuat.

### 2.3.4. Input Program

Program yang telah diselesaikan dengan menghitung parameter yang sesuai dengan kebutuhan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan dapat diinput kedalam mesin *CNC* melalui beberapa cara diantaranya menggunakan *flashdisk*, melalui komputer yang terhubung ke mesin, atau input secara manual. Mesin *CNC* memungkinkan program yang telah ditentukan dijalankan secara otomatis dengan presisi tinggi.

## 2.4. Proses *Running Machine*

Setelah menentukan titik nol pada material dan menginput program ke mesin, pastikan seluruh persiapan sesuai *SOP (Standard Operasional Prosedur)*, lalu tekan tombol *start* pada *control panel* untuk memulai pengerjaan, tetap berada di area mesin pada saat proses pengerjaan jika terjadi kesalahan program tekan tombol *emergency* agar seluruh pengerjaan terhenti [4].

## 2.5. Pengukuran

Melakukan proses pengukuran pada produk alat bantu pengukuran kebulatan menggunakan *CMM (Coordinat Measuring Machine)* untuk memastikan hasil produksi sesuai dengan gambar yang telah dirancang. Untuk menentukan panjang arc diperlukan rumus sebagai berikut.

$$\text{Panjang arc} = \varnothing \cdot \pi \frac{20}{360} \quad (3)$$

$\varnothing$  = Diameter pipa

$\pi$  = Kostanta (3.14)

20 = arc 20° dari diameter nominal

360 = keliling lingkaran penuh (360°)

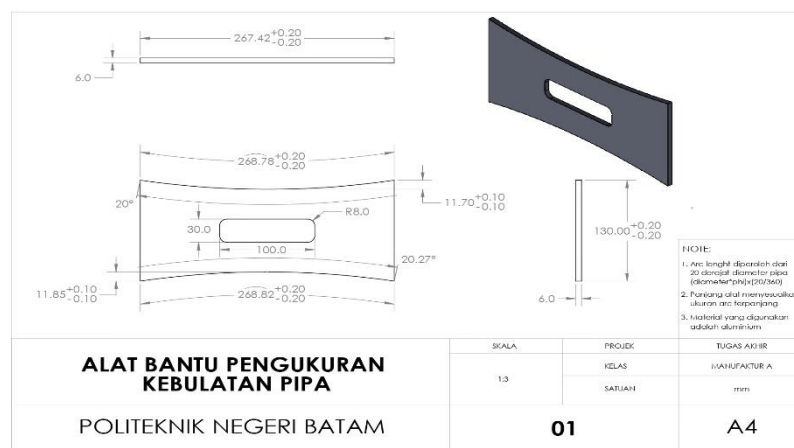
## 2.6. Waktu dan Biaya

Tahap akhir dari penelitian ini adalah analisa waktu dan biaya produksi, tahap ini dilakukan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan dan biaya yang di keluarkan dalam perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan menggunakan mesin *CNC Milling*.

# 3 Hasil dan Pembahasan

## 3.1. Gambar Produk

Gambar produk yang dibuat dalam penelitian ini merupakan hasil modifikasi dari gambar sebelumnya yang dibuat diperusahaan, ukuran panjang arc mengikuti keterangan gambar yang ada pada buku *NORSOK standard M-101* dengan panjang 20° dari Odn (*Outside Diameter Nominal*), Toleransi yang digunakan mengacu pada toleransi umum yang terdapat dalam standar ISO 2768 [8]. Gambar ini dibuat menggunakan *software solidwork* dalam waktu ±10 menit.



Gambar 3: *Detail drawing* Alat bantu pengukuran kebulatan pipa

### 3.2. Parameter proses pemesinan

Sebelum membuat sebuah program, perlu dilakukan perhitungan seperti kecepatan putaran spindel dan kecepatan pemakanan. Perhitungan didasari dari tingkat kekerasan material, semakin keras material yang digunakan maka semakin lambat putaran spindel dan kecepatan pemakanannya.

#### 3.2.1. Kecepatan Spindel

Kecepatan putaran spindle harus disesuaikan dengan diameter benda kerja, tebal pemakanan, dan jenis pemotongan, berdasarkan perhitungan, dengan pemilihan kecepatan potong 150 m/menit sesuai dengan katalog pada *insert* [7], maka untuk penggunaan kecepatan spindel sesuai pada rumus dibawah.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot d}$$
$$n = \frac{150 \times 1000}{3.14 \times 8}$$
$$n = \frac{15.0000}{25.12}$$

kecepatan spindel ( $n$ ) = 5.972 rpm

#### 3.2.2. Kecepatan pemakanan

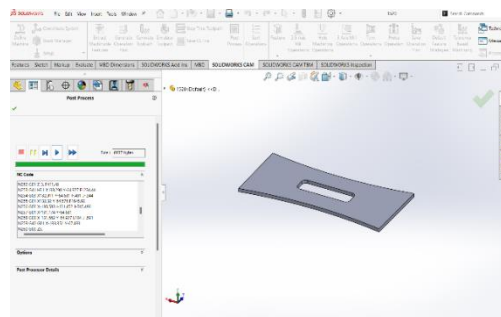
Sedangkan kecepatan pemakanan ditentukan oleh faktor-faktor seperti kekerasan bahan, kedalaman penyayatan, dan bahan alat potong. Kecepatan pemakanan dapat ditentukan seperti pada rumus dibawah.

$$F = f \cdot n \cdot Z$$
$$F = 0.05 \times 5.972 \times 4$$

Kecepatan pemakanan ( $F$ ) = 1.195mm/menit

### 3.3. Pembuatan program

Setelah membuat gambar 3D kemudian masuk ke fitur *SolidCAM*, atur jenis dan parameter mesin yang akan digunakan, kemudian tentukan tools sesuai kebutuhan, pilih titik koordinat pada benda kerja, tentukan strategi pemotongan sesuai profil benda kerja seperti pocket dan contour, tahap selanjutnya tentukan lintasan potong, kompensasi radius *tools* dan parameter lainnya. Simulasikan program jika sesuai ekspor G-code ke folder penyimpanan data. Proses ini membutuhkan waktu sekitar  $\pm 15$  menit. Seperti pada Gambar 5.



Gambar 4: Ekspor G-code

### 3.4. Pembuatan produk

Pada proses pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan pipa menggunakan mesin CNC milling ada beberapa tahapan yang akan dikerjakan untuk mendapatkan hasil produk yang lebih maksimal:

1. Pemotongan material sesuai ukuran yang dibutuhkan untuk membuat alat dilakukan dengan menggunakan *bandsaw machine*. Mesin ini memberikan hasil pemotongan yang lebih presisi dan halus dibandingkan dengan metode pemotongan manual. Waktu yang dibutuhkan untuk memotong plat aluminium dengan ketebalan 6mm sekitar  $\pm 5$  menit. Pada Gambar 5 bisa dilihat proses pemotongan material menggunakan *bandsaw machine*.



Gambar 5: Pemotongan material

2. Merapikan sisi material menggunakan mesin *milling konvensional*, tahap ini penting untuk hasil pemesinan yang akurat dan berkualitas tinggi. Permukaan datar memudahkan penempatan material dan mengurangi risikokerusakan alat. Kekasaran permukaan juga mempengaruhi keausan pahat dan keakuratan dimensi hasil pemesinan. Proses ini membutuhkan waktu sekitar  $\pm 45$  menit. Pada Gambar 6 bisa dilihat proses merapikan sisi material.



Gambar 6: Merapikan sisi material

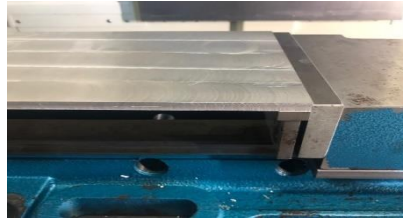
3. Setelah selesai merapikan setiap permukaan sisi material selanjutnya lakukan pengukuran untuk memastikan apakah ukuran aktual material sudah sesuai dengan ukuran yang dibuat pada desain alat. Proses pengukuran membutuhkan waktu sekitar  $\pm 2$  menit.

4. *Setting tools*, proses ini dilakukan untuk mengatur jenis, ukuran, dan penempatan tools pada *magazine machine* sesuai dengan *tools* yang dibuat pada program *CNC*. Proses ini memerlukan waktu sekitar  $\pm 15$  menit untuk 2 *tools* yang berbeda, lama pengerjaan tergantung berapa banyak *tools* yang digunakan. Pergantian *tools* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7: *Setting tools*

5. Benda kerja berupa plat aluminium yang telah dipotong dan dirapikan sesuai dengan ukuran material pada desain yang telah dibuat dicekamkan menggunakan ragum dibantu dengan paralel sebagai alas agar pencekaman rata, proses ini membutuhkan waktu sekitar  $\pm 5$  menit. Seperti pada Gambar 8.

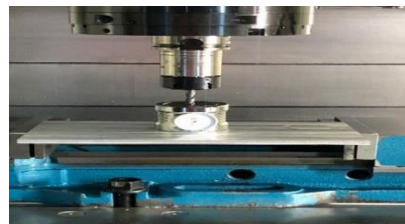


Gambar 8: Material dicekam menggunakan ragum

6. Melakukan setting titik nol pada sumbu X dan Y benda kerja menggunakan *Dial test indicator* kemudian diinput ke post G54 atau G56 hingga G59. G54 hingga G59 adalah kode *CNC* yang mengatur offset kerja atau lokasi benda kerja pada meja mesin. Kode-kode ini mengkompensasi variasi posisi benda kerja relatif terhadap titik nol mesin. Kemudian untuk setting titik nol pada sumbu Z menggunakan *Zero setter* di masing-masing *tools* yang akan digunakan selanjutnya titik nol disimpan pada *Geom Length* dan diinput sesuai dengan nomor *tools* pada *magazine*. Kegiatan ini bertujuan untuk menentukan titik awal proses pengerjaan, dibutuhkan waktu sekitar  $\pm 20$  menit untuk menyelesaikan proses ini. Pengukuran dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10



Gambar 9: *Setting* titik nol sumbu X,Y



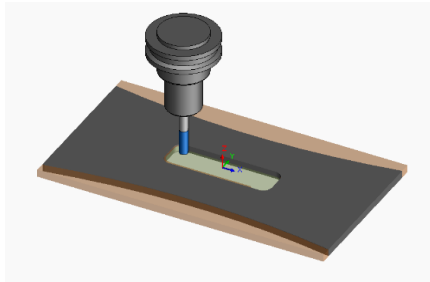
Gambar 10: *Setting* titik nol sumbu Z

7. Setelah menentukan titik nol pada benda kerja sesuai dengan program *CNC*, tahapan selanjutnya *input program* kedalam mesin melalui komputer yang telah terhubung, pastikan nama file belum terdaftar lalu jadikan main program agar dapat di *input*, sebelum memulai proses pemesinan pastikan kembali program sesuai dengan yang dibuat, tekan *cycle start* untuk memulai pastikan *cooling* menyala agar menjaga suhu *tools* tetap stabil. Proses ini membutuhkan waktu  $\pm 3$  menit. Proses input program seperti pada Gambar 11.

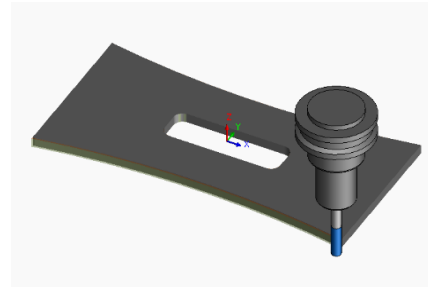


Gambar 11: *Input Program*

8. Melakukan proses pembuatan *Pocket* pada sisi *center* benda kerja, teknik yang digunakan untuk menghilangkan material dari sebuah benda kerja tujuannya adalah untuk membuat rongga atau kantong pada benda kerja hingga kedalaman tertentu [5]. Kemudian proses *contour* digunakan untuk membuat jalur pemotongan yang mengikuti bentuk atau garis tepi dari suatu bagian kerja. Ini biasanya digunakan untuk operasi *finishing*. *Contour* dapat digunakan pada permukaan datar atau melengkung [5]. Proses ini membutuhkan waktu  $\pm 30$  menit dilakukan dengan menggunakan alat pemotong jenis *end mill HSS 8mm*. seperti pada Gambar 12 dan 13.



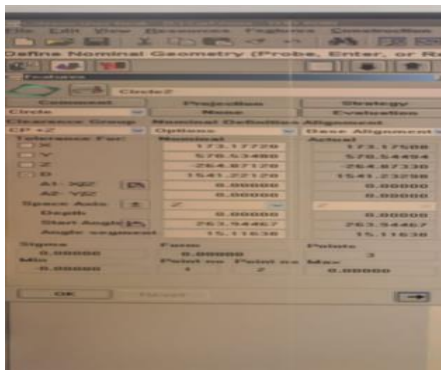
Gambar 12: Proses *Pocketing*



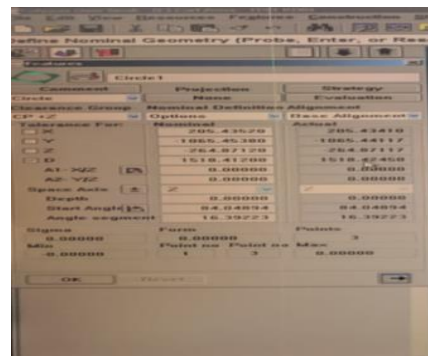
Gambar 13: Proses *Contouring*

### 3.5. Pengukuran Produk

Hasil produksi yang telah dibuat menggunakan mesin *CNC Milling* akan diukur untuk mengetahui apakah hasil produksi sesuai dengan desain yang telah dibuat, proses pengukuran ini menggunakan *CMM (Coordinate Measuring Machine)*. *CMM* adalah mesin *powerfull* yang digunakan untuk pengukuran dimensi dan toleransi *geometric*. Penggunaan ini membutuhkan waktu  $\pm 20$  menit Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 14 dan 15.



Gambar 14: Hasil pengukuran arc untuk diameter 1540



Gambar 15: Hasil pengukuran arc untuk diameter 1520

Hasil pengukuran dapat kita lihat pada gambar diatas, untuk diameter 1540mm hasil pengukuran aktualnya sebesar 1541.2mm sedangkan diameter 1520mm hasil pengukuran aktualnya sebesar 1528.4mm. Dimensi lainnya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1

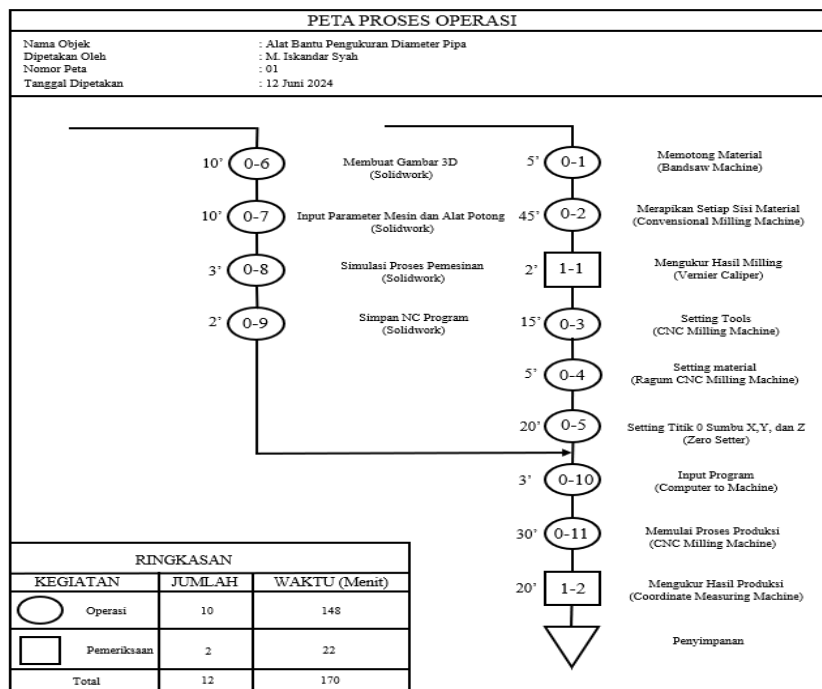
Sisi yang diukur	Ukuran aktual desain	Ukuran aktual pengukuran	Selisih	Toleransi
Arc length Ø1540	268.78mm	268.81mm	+0.03mm	$\pm 0.20$ mm
Arc length Ø1520	268.82mm	268.72mm	-0.10mm	$\pm 0.20$ mm
Panjang	267.42mm	267.40mm	-0.02mm	$\pm 0.20$ mm
Jarak midpoint art dengan tali busur Ø1540	11.70mm	11.65mm	-0.05mm	$\pm 0.10$ mm
Jarak midpoint art dengan tali busur Ø1520	11.85mm	11.82mm	-0.03mm	$\pm 0.10$ mm

Toleransi yang digunakan pada pengukuran alat bantu ini mengacu pada toleransi umum standard ISO 2768, untuk menentukan apakah hasil produksi yang dilakukan sudah sesuai dan dapat digunakan.

### 3.6. Waktu dan Biaya produksi

#### 3.2.1. Waktu produksi

Waktu yang dibutuhkan untuk membuat sebuah alat bantu pengukuran pipa disusun kedalam peta proses operasi. Peta proses operasi adalah peta kerja keseluruhan yang menekankan pada aktivitas produktif. Simbol-simbol yang digunakan dalam peta ini hanya mencakup operasi dan inspeksi. Peta proses operasi dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16: Peta Proses Operasi

Dari gambar diatas dapat diambil kesimpulan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk membuat alat bantu pengukuran diameter pipa adalah 170 menit.

#### 3.2.2. Biaya produksi

Biaya yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan alat bantu pengukuran kebulatan pipa dapat dilihat pada table 2 dan 3.

Table 2

Harga material satu buah alat bantu pengukuran

Material	Jumlah	Harga
Aluminium 300x120x6mm	1	Rp.120.000

Table 3  
Biaya produksi satu buah alat bantu pengukuran

No.	Komponen	Biaya Tenaga Kerja Langsung (Rp)	Jumlah Tenaga Kerja	Biaya Overhead Pabrik (TKL x 25 %) (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Desain dan program	50.000	1	12.500	62.500
1.	Milling konvensional	25.000	1	6.250	31.250
3.	CNC Milling	150.000	1	37.500	187.500
4.	CMM	100.000	1	25.000	125.000
Total					Rp. 406.250

Berdasarkan Tabel diatas maka perkiraan harga material+biaya produksi alat bantu pengukuran diameter pipa sebesar Rp.526.250

#### 4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang disajikan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini mencakup beberapa tahapan, mulai dari pembuatan gambar produk, perhitungan, pembuatan program, pembuatan produk, pengukuran produk, hingga waktu dan biaya yang diperlukan. Proses ini melibatkan berbagai langkah teknis, seperti modifikasi gambar produk, perhitungan kecepatan putaran spindle dan kecepatan pemakanan, pembuatan program menggunakan *SolidCAM*, pembuatan produk menggunakan mesin *CNC milling*, pengukuran produk menggunakan *CMM (Coordinate Measuring Machine)*, serta analisis waktu dan biaya yang diperlukan. Dari hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa angka yang diperoleh dari hasil pengukuran masih dapat diterima dengan toleransi yang ditetapkan.

#### 5 Daftar Pustaka

- [1] Andespa, I. (2020). Analisis Pengendalian Mutu Dengan Menggunakan Statistical Quality Control (Sqc) Pada Pt. Pratama Abadi Industri (Jx) Sukabumi. *E-Jurnal Ekon. dan Bisnis Univ. Udayana*, 2, 129.
- [2] *NORSOK standar M-101, Structural steel fabrication*, (5th ed.). (2011). Norwegia: The Norwegian Oil Industry Association (OLF) and The Federation of Norwegian Industry.
- [3] Kaisan, I., & Rusiyanto, R. (2020). Pengaruh Parameter Pemotongan CNC Milling dalam Pembuatan Pocket terhadap Getaran dan Kekasaran Permukaan Pada Crankcase mesin Pemotong Rumput. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 11(1), 41-49.
- [4] CV. Inseco CNC Indonesia. (2023), *Mengenal Mesin CNC: SOP Untuk Operasional Mesin CNC*. Kediri, Jawa Timur.
- [5] Ramdani, S. D., & Prasetyo, W. (2023). Proses pembuatan gasket menggunakan mesin CNC milling berbasis CAD/CAM. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), 141-150.
- [6] Suwandi, A., Hermanto, A., Zariatn, D. L., Sulaksono, B., & Prayogi, E. (2019). *Proses Manufaktur dan Estimasi Biaya Produksi untuk Produk Kelos*. *Jurnal Teknologi*, 11(2), 127-138.
- [7] Syukur, M. A. (2021). Penentuan parameter parameter input proses pemesinan milling dan gurdi untuk pembuatan pencekam spesimen alat uji lelah dengan kekuatan maksimum 370 mpa. *AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2), 67-73.
- [8] Ariyanto, N. (2018). *Optimasi Parameter Permesinan Pemrograman Cnc Milling Terhadap Waktu Proses Untuk Meningkatkan Efisiensi Di PT. Mekar Armada Jaya* (Doctoral dissertation, Skripsi, Universitas Muhammadiyah Magelang).