

Inovasi Pengembangan *Tooling* Seri 6000 Aluminium untuk Meningkatkan Presisi hasil *Groove Sandblasting* dan Mempercepat dalam Proses Pengukuran CMM

Renold Adriansyah^{*1}, Ir Budi Baharudin, S.T., M.T.^{1*} and Ebeng Sugondo, S.T., M.T.^{2*}

* Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: Renold.3412201004@students.polibatam.ac.id

Abstrak

Di dalam dunia industri manufaktur, setiap tahapan proses produksi memiliki peran penting dalam menjamin kualitas akhir produk. Salah satu tahapan yang berpengaruh terhadap kualitas permukaan adalah proses *sandblasting*, yaitu teknik penyemprotan partikel abrasif bertekanan tinggi untuk menghilangkan kotoran, karat, serta menciptakan tekstur agar lapisan pelindung dapat menempel dengan baik.

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ, perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai suku cadang untuk industri tertentu, salah satunya *Gear Transmission Ring* (GTR). Permasalahan yang sering muncul adalah variasi bentuk *groove* yang tidak konsisten akibat ketidakstabilan tekanan udara, distribusi partikel abrasif yang tidak merata, serta desain *tooling* yang kurang mendukung kestabilan posisi benda kerja.

Sebagai solusi, dilakukan pengembangan *tooling* berbahan aluminium seri 6000 yang ringan, tahan korosi, dan memiliki kestabilan dimensi yang baik.

Tujuan utama penelitian ini adalah merancang dan menguji *tooling* baru yang mampu meningkatkan kestabilan benda kerja saat proses *sandblasting*, mengurangi variasi *groove*, serta mempercepat pengukuran dengan mesin *Coordinate Measuring Machine* (CMM). Hasilnya diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas proses produksi secara menyeluruh.

Kata kunci: *Tooling*, aluminium seri 6000, *groove*, *sandblasting*, CMM

Abstract

In the manufacturing industry, each stage of the production process plays an important role in ensuring the final product's quality. One such stage that affects surface quality is the sandblasting process, a technique that involves spraying high-pressure abrasive particles to remove dirt, rust, and to create specific surface textures, allowing protective coatings to adhere properly.

This research was conducted at PT. XYZ, a manufacturing company that produces various spare parts for specific industries, including gear transmission rings (GTR). A common issue encountered during the sandblasting process of GTR is the inconsistent shape of the grooves, caused by unstable air pressure, uneven distribution of abrasive particles, and tooling design that does not sufficiently support the stability of the workpiece position.

As a solution, a tooling was developed using 6000 series aluminum, which is lightweight, corrosion-resistant, and has good dimensional stability.

The main objective of this study is to design and test new tooling that can improve the stability of the workpiece during the sandblasting process, reduce groove variation, and accelerate measurement using a Coordinate Measuring Machine (CMM). The results are expected to enhance both the efficiency and the overall quality of the production process.

Keywords: *Tooling*, 6000 series aluminium, *groove*, *sandblasting*, CMM

1 Pendahuluan

Di dalam dunia industri manufaktur, pada tiap tahapan produksi memiliki peran yang sangat penting guna memastikan kualitas akhir dari sebuah produk. Salah satu tahapan yang berpengaruh terhadap kualitas permukaan produk adalah proses *sandblasting*. *Sandblasting* adalah metode pemrosesan permukaan dengan menyemprotkan partikel abrasif dengan tekanan yang tinggi sehingga mampu menghilangkan kotoran, karat, dan juga dapat menciptakan tekstur tertentu pada permukaan material sehingga dapat menciptakan kekasaran agar lapisan pelindung dapat menempel dengan baik [1,3].

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai suku cadang untuk industri tertentu, yang digunakan dalam sektor transportasi dan teknologi tingkat lanjut. Salah satunya ialah *gear transmission ring* (GTR) yang akan dibahas pada penelitian ini, Perusahaan ini memiliki standar kualitas yang tinggi dalam setiap proses produksinya, termasuk dalam pembuatan komponen yang presisi seperti *groove* pada permukaan produk *gear transmission ring* (GTR).

Namun, permasalahan yang sering kali muncul dalam proses ini adalah adanya variasi hasil *groove* yang tidak konsisten. Ketidakkonsistenan ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tekanan udara yang kurang stabil, penyebaran material abrasif yang kurang merata, serta desain *tooling* yang kurang presisi atau kurang tepat. Akibatnya, hasil yang didapatkan produk menjadi bervariasi, yang berdampak pada kecacatan hasil pengukuran produk dan efisiensi waktu, sehingga dapat memperlambat proses produksi secara keseluruhan.[4]

Salah satu penyebab utama variasi hasil *groove* adalah keterbatasan *tooling* yang digunakan dalam proses *sandblasting*. *Tooling* yang kurang presisi dan tidak stabil dapat menyebabkan pergeseran posisi produk selama dalam proses produksi, sehingga hasil *groove* menjadi tidak konsisten.

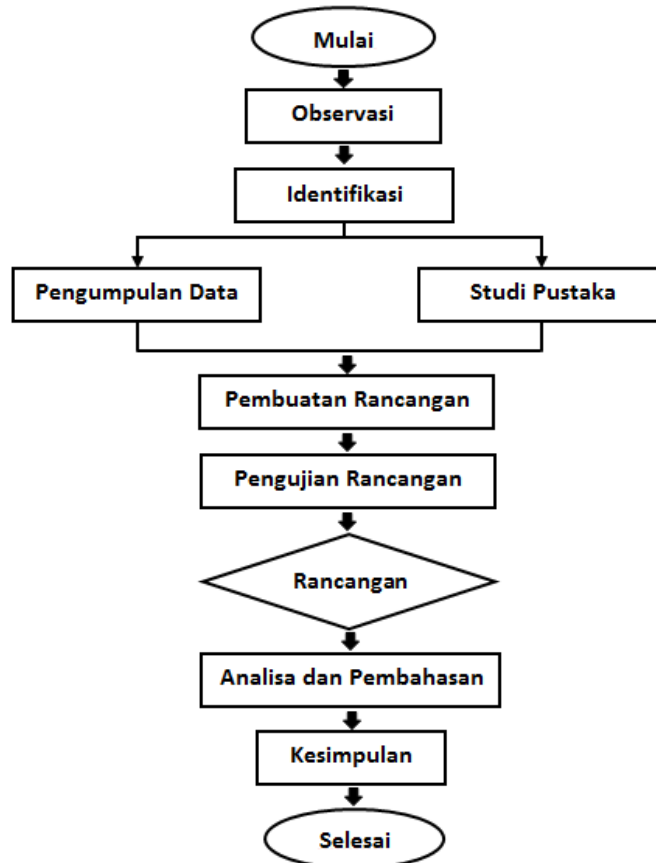
Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam pengembangan *tooling* berbahan aluminium yang mampu meningkatkan kestabilan proses dan menghasilkan *groove* yang presisi. Penggunaan aluminium sebagai material *tooling* dipilih karena memiliki sifat yang ringan, tahan akan korosi, [5] serta mampu mempertahankan dimensi dengan baik selama proses produksi. Desain *tooling* dikembangkan berdasarkan dari hasil observasi di lapangan serta kebutuhan produksi di PT. XYZ, agar bisa menunjang kestabilan proses dan mempercepat pengukuran hasil *groove*. Dengan adanya inovasi pengembangan *tooling* ini, diharapkan variasi hasil *groove* dapat diminimalkan, dan serta waktu pengukuran menggunakan mesin CMM dapat lebih singkat.

Penelitian ini bertujuan untuk dapat merancang dan membangun suatu alat bantu produksi yang dapat meningkatkan kestabilan proses *sandblasting*, mengurangi variasi hasil *groove* serta mempercepat proses pengukuran hasil *groove* menggunakan mesin CMM. Mampu merancang alat bantu produksi yang efisien baik dari segi proses pengerjaan maupun penggunaan material. [6] Dengan demikian, pengembangan alat bantu ini diharapkan mendukung peningkatan kualitas dan efisiensi produksi di industri manufaktur. [7]

Penelitian ini hanya difokuskan pada tahap perancangan (desain) *tooling*, tanpa mencakup proses fabrikasi secara langsung. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan produksi yang mendesak di PT. XYZ, sehingga proses pembuatan *tooling* dilakukan oleh pihak ketiga (vendor). Selain itu, peneliti tidak terlibat langsung dalam proses pengukuran benda kerja menggunakan mesin CMM, karena kegiatan tersebut ditangani oleh operator khusus. Peneliti hanya berperan dalam pengumpulan dan pengolahan data hasil pengukuran. Oleh karena itu, evaluasi terhadap kinerja *tooling* tidak dilakukan melalui uji coba langsung, melainkan hanya berdasarkan desain yang telah dibuat dan analisis dari data pengukuran yang telah ada sebelumnya.

2 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi eksperimental. Studi experimental sendiri ialah prosedur penelitian yang dilakukan melalui pengujian. Terkait alur proses, diagram ini digunakan dalam memodifikasi *tooling* pada proses *sandblasting*. Yang bertujuan untuk menguji efektivitas *tooling* berbahan aluminium dalam meningkatkan kestabilan efisiensi pengukuran *groove* pada mesin CMM. Diagram alur pada penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 2.1. Diagram Alir

Prosedur berikut ini disajikan agar perancangan pembuatan ini dapat dilaksanakan secara terencana. Berikut penjelasan terkait Langkah-langkah yang akan dilakukan:

A. Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di PT. XYZ guna mengamati dan memahami proses *sandblasting* dan pengukuran *groove* pada mesin CMM serta dapat mengidentifikasi permasalahan yang muncul dalam penggunaan *tooling* saat ini

B. Identifikasi masalah

Penelitian ini melibatkan mengumpulkan data awal mengenai waktu yang dibutuhkan selama proses pengukuran, serta variasi hasil *groove*, yang dihasilkan dalam proses pengukuran menggunakan mesin CMM. Observasi dilakukan di PT XYZ guna memahami proses *sandblasting* dan *tooling* yang digunakan saat ini

C. Pengumpulan Data

Data diambil dari hasil pengukuran *groove* sebelum dan sesudah penggunaan *tooling* baru, termasuk juga waktu pengukuran dan deviasi hasil *groove*

D. Studi Pustaka

Melakukan kajian terhadap literatur terkait proses *sandblasting*, teknik pengukuran *groove* menggunakan mesin CMM, guna mendukung analisis serta inovasi *tooling*

E. Pembuatan Rancangan

Mendesain kembali *Tooling* dengan melakukan perbaikan desain yang telah ada guna untuk meningkatkan kestabilan benda kerja dan mempercepat proses pengukuran *groove* pada mesin CMM

F. Pengujian

Tooling diuji dengan membandingkan hasil pengukuran *groove* sebelum dan sesudah penggunaan *tooling* baru guna mengevaluasi efektivitasnya.

G. Analisa dan Pembahasan

Membandingkan hasil pengukuran *groove* sebelum dan sesudah penggunaan *tooling*. Data hasil pengukuran dianalisis guna melihat perbedaan deviasi *groove* serta efisiensi waktu pengukuran setelah implementasi *tooling*. Dalam meningkatkan kualitas serta mempercepat proses pengukuran pada mesin CMM

H. Kesimpulan

Dasar kesimpulan untuk meningkatkan kestabilan benda kerja, dapat mengurangi variasi *groove*, dan diharapkan mampu mempercepat dalam waktu pengukuran

3 Analisa Data dan Pembahasan

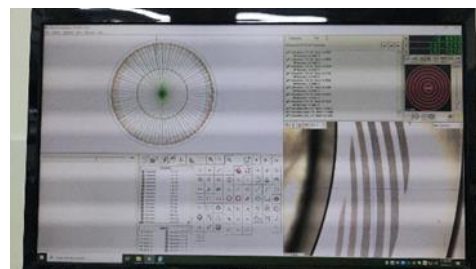
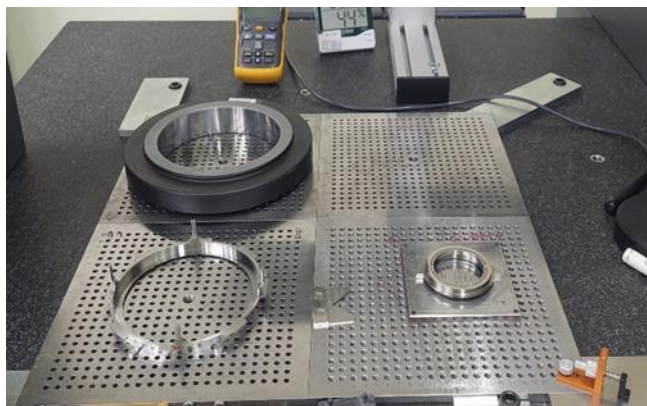
Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah melakukan pengamatan langsung di PT.XYZ. Observasi ini bertujuan untuk memahami secara mendalam terkait permasalahan yang sering terjadi dalam proses pengukuran *groove* pada mesin *Coordinate measuring Machine* (CMM) setelah proses *sandblasting*, mengumpulkan data mengenai variasi hasil *groove* dan waktu yang dihabiskan dalam melakukan pengukuran, penulis merancang alat bantu produksi ini dengan tujuan supaya memudahkan penerapan aplikasi yang efisien.[7]

3.1 Hasil Penelitian

3.1.1 Identifikasi masalah

Berdasarkan observasi yang dilakukan dalam penelitian ini, ditemukan dalam proses pengukuran *groove* pada *Coordinate Measuring Machine* (CMM) mengalami beberapa kendala, diantaranya:

- A. Sulit dalam menentukan titik awalan dalam pengukuran, yang menyebabkan hasil yang tidak konsisten.
- B. Waktu pengukuran yang relatif sangat lama karena tidak ketidastabilan benda kerja saat proses pengukuran berlangsung.
- C. Kesalahan dalam pengukuran akibat ketidaktepatan posisi benda kerja selama proses berlangsung



Gambar 3.1. Proses pengukuran benda kerja sebelum melakukan modifikasi *tooling*

Pada gambar diatas dapat dilihat proses pengukuran benda kerja memerlukan waktu yang cukup lama, yaitu berkisar 2 hingga 3 jam per *piece*, dimana waktu yang panjang ini menyebabkan keterlambatan dalam alur kerja, terutama jika terdapat banyaknya komponen yang harus diuji dalam satu waktu. Selain itu juga, durasi yang lama juga berdampak pada efisiensi penggunaan mesin dan sumber daya, serta berpotensi menimbulkan antrean dalam proses pengukuran, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi jadwal produksi secara keseluruhan.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut dibutuhkan inovasi *tooling* yang dirancang untuk meningkatkan kestabilan dan akurasi serta waktu yang lebih singkat dalam melakukan pengukuran.

3.1.2 Pengujian awal

Sebelum melakukan inovasi pada *tooling*, dilakukan pengukuran menggunakan metode yang sebelumnya sudah ada. Hasil pengukuran terdapat beberapa kelemahan, diantaranya:

- A. Waktu yang diperlukan untuk pengukuran per *piece* nya relatif lama
- B. Adanya kemungkinan kesalahan akibat ketidakstabilan benda kerja
- C. Variasi hasil pengukuran yang tidak konsistensi

Circle OD 46.5	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Diameter	46.4372	46.5000	0.1300	0.1300	✓
Circle ID 40	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Diameter	40.1150	40.0000	0.1300	0.1300	✓
Calculation LTG 1	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.4800	0.5000	0.1500	0.1500	✓
Calculation LTG 2	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.4750	0.5000	0.1500	0.1500	✓
Calculation LTG 3	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.4955	0.5000	0.1500	0.1500	✓
Calculation LTG 4	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.5811	0.5000	0.1500	0.1500	✓
Calculation LTG 5	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.6750	0.5000	0.1500	0.1500	X
Calculation LTG 6	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.6951	0.5000	0.1500	0.1500	X
Calculation LTG 7	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.7143	0.5000	0.1500	0.1500	X
Calculation LTG 8	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.4345	0.5000	0.1500	0.1500	✓
Calculation LTG 9	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total
Number	0.7200	0.5000	0.1500	0.1500	X

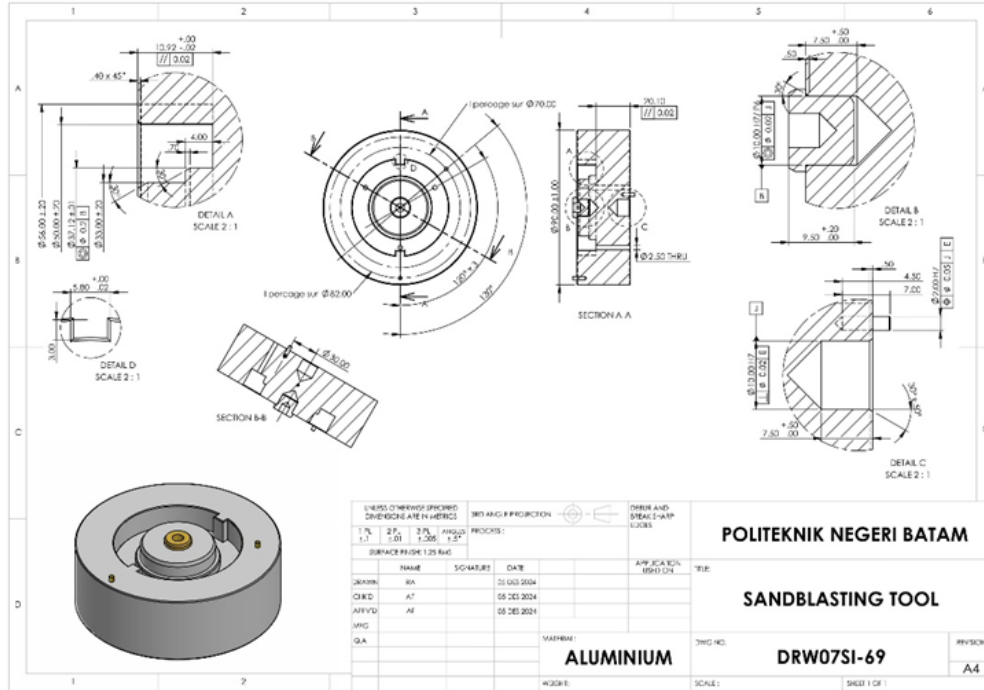
Number	0.4955	0.5000		✓
Calculation LTG 4	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.5811	0.5000		✓
Calculation LTG 5	Actual	Nominal	Out/Total	X
Number	0.6750	0.5000		X
Calculation LTG 6	Actual	Nominal	Out/Total	X
Number	0.6951	0.5000		X
Calculation LTG 7	Actual	Nominal	Out/Total	X
Number	0.7143	0.5000		X
Calculation LTG 8	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4345	0.5000		✓
Calculation LTG 9	Actual	Nominal	Out/Total	X
Number	0.7200	0.5000		X

Gambar 3.2. Data hasil pengukuran sebelum modifikasi

Pada gambar diatas dapat dilihat hasil pengukuran *groove* menggunakan mesin CMM menunjukkan ketidakkonsistenan, yang dapat mempengaruhi akurasi sehingga dapat menghambat data inspeksi. Hal tersebut dapat menyulitkan pada saat proses pengukuran dan berpotensi menyebabkan variasi dalam hasil pengukuran. Kesulitan dalam proses pengukuran benda kerja ini tidak hanya memperpanjang waktu pengukuran, tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan hasil pengukuran. Oleh karena itu diperlukan evaluasi dan optimalisasi terhadap *tooling* yang akan digunakan pada saat *sandblasting* agar supaya proses pengukuran lebih mudah dan hasil pengukuran lebih stabil dan sesuai dengan standar yang telah ditentukan oleh perusahaan.

3.1.3 Desain dan pembuatan *tooling*

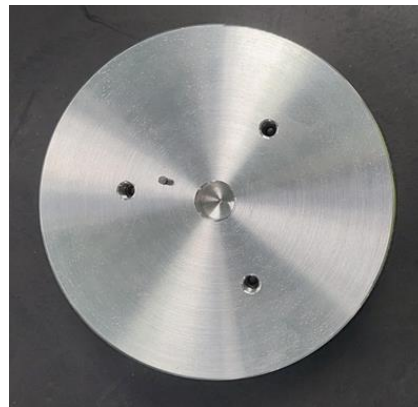
Dalam proses desain *tooling* sebelum dikerjakan bahan dipilih atau ditentukan terlebih dahulu. Tujuannya agar alat memperoleh bahan yang sesuai fungsinya dan dapat berfungsi dengan efektif.[1] Berdasarkan pada identifikasi masalah, dilakukan inovasi pembuatan *tooling* yang baru berbahan aluminium, dengan dimensi dan karakteristik disesuaikan dengan benda kerja yang diharapkan dapat mempermudah dalam proses pengukuran serta hasil akhir nantinya. Setelah selesai, dilakukan proses fabrikasi menggunakan mesin *CNC Turning* dengan metode presisi guna memastikan kualitas serta ketepatan dimensi *tooling*.



Gambar 3.3. Detail Drawing *Tooling* Setelah Modifikasi



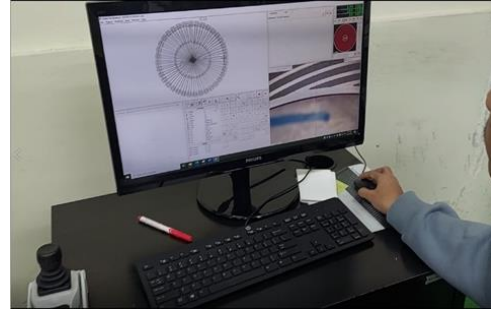
Gambar 3.4. *Tooling* setelah modifikasi Tampak Atas



Gambar 3.5. *Tooling* setelah modifikasi Tampak Bawah

3.1.4 Pengujian setelah melakukan inovasi *tooling*

Setelah *tooling* selesai dari proses fabrikasi, dilakukan pengujian kembali guna melihat perbandingan hasil sebelum dan sesudah pada proses pengukuran menggunakan *tooling* yang baru, hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan



Gambar 3.6. Proses pengukuran benda kerja setelah melakukan modifikasi *tooling*

Program No: TP1006-MVV		05/2025 10:38:19 AM				
Circle OD 46.5	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	46.4836	46.5000	0.1300	0.1300		
Circle ID 40	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	40.1215	40.0000	0.1300	0.1300		
Calculation LTG 1	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4978	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 2	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4961	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 3	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4935	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 4	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4945	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 5	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4960	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 6	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4953	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 7	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4925	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 8	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4936	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 9	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4898	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 10	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4921	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 11	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4938	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 12	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4918	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 13	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4946	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 14	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4978	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 15	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4976	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 16	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4958	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 17	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4962	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 18	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4951	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 19	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4946	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 20	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4969	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 21	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4937	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 22	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4936	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 23	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4925	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 24	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4897	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 25	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4934	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 26	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4948	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 27	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4885	0.5000	0.1500	0.1500		
Calculation LTG 28	Actual	Nominal	Upper	Lower	Out/Total	✓
Number	0.4954	0.5000	0.1500	0.1500		



Calculation LTG 2	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4961	0.5000		
Calculation LTG 3	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4935	0.5000		
Calculation LTG 4	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4945	0.5000		
Calculation LTG 5	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4960	0.5000		
Calculation LTG 6	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4953	0.5000		
Calculation LTG 7	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4925	0.5000		
Calculation LTG 8	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4936	0.5000		
Calculation LTG 9	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4898	0.5000		
Calculation LTG 10	Actual	Nominal	Out/Total	✓
Number	0.4921	0.5000		

Gambar 3.7. Data hasil pengukuran setelah melakukan modifikasi pada *tooling*

Pada gambar diatas, terlihat bahwa proses pengukuran benda kerja pada mesin CMM mengalami peningkatan efisiensi waktu, dimana waktu yang diperlukan menjadi lebih singkat. Selain itu, hasil pengukuran *groove* menunjukkan tingkat konsistensi yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum dilakukan *modifkasi* pada *tooling*.

Tabel 1

(Perbandingan data pengukuran sebelum dan sesudah melakukan modifikasi pada *tooling*)

Bulan	Serial Number	Rata-rata Actual Before	Persentase OK Before	Waktu Before (menit)	Waktu Before (jam:menit)	Bulan	Serial Number	Rata-rata actual After	Persentase OK After	Waktu After (menit)	Waktu After (jam:menit)
Jan-24	SN-1	0,5165	64,29%	127	2.07.00	Des-24	SN-1	0,4946	100%	16	0.16.00
	SN-2	0,5103	42,86%	156	2.36.00		SN-2	0,4910	100%	12	0.12.00
	SN-3	0,4851	64,29%	144	2.24.00		SN-3	0,4929	100%	8	0.08.00
	SN-4	0,4823	64,29%	136	2.16.00		SN-4	0,4905	100%	9	0.09.00
	SN-5	0,4528	82,14%	168	2.48.00		SN-5	0,4905	100%	6	0.06.00
Feb-24	SN-1	0,5155	75,00%	142	2.22.00	Jan-25	SN-1	0,4906	100%	15	0.15.00
	SN-2	0,5258	67,86%	149	2.29.00		SN-2	0,4936	100%	12	0.12.00
	SN-3	0,5288	71,43%	137	2.17.00		SN-3	0,4933	100%	10	0.10.00
	SN-4	0,5353	64,29%	153	2.33.00		SN-4	0,4946	100%	5	0.05.00
	SN-5	0,5405	60,71%	145	2.25.00		SN-5	0,4920	100%	6	0.06.00
Mar-24	SN-1	0,5161	78,57%	110	1.50.00	Feb-25	SN-1	0,4915	100%	14	0.14.00
	SN-2	0,5136	64,29%	155	2.35.00		SN-2	0,4911	100%	10	0.10.00
	SN-3	0,5097	67,86%	130	2.10.00		SN-3	0,4977	100%	8	0.08.00
	SN-4	0,5149	64,29%	165	2.45.00		SN-4	0,4947	100%	6	0.06.00
	SN-5	0,5295	75,00%	120	2.00.00		SN-5	0,4948	100%	8	0.08.00

Dari tabel diatas, terlihat bahwa penggunaan *tooling* yang baru setelah melakukan perbaikan waktu kerja sedikit menurun, yang bisa menunjukkan efisiensi pada waktu pengukuran, nilai rata-rata actual cenderung stabil dan sedikit meningkat, serta tingkat performa OK mencapai 100% secara konsisten di ketiga bulan setelah melakukan perbaikan.

Untuk mengukur tingkat efisiensi waktu yang dihasilkan dari modifikasi *tooling*, digunakan rumus efisiensi sebagai berikut:

$$Efisiensi Waktu (\%) = \left(\frac{Waktu sebelum - Waktu sesudah}{Waktu sebelum} \right) \times 100\%$$

Dimana:

- Waktu sebelum = Rata-rata waktu pengukuran per benda kerja sebelum modifikasi (dalam menit)
- Waktu sesudah = Rata-rata waktu pengukuran per benda kerja setelah modifikasi (dalam menit)

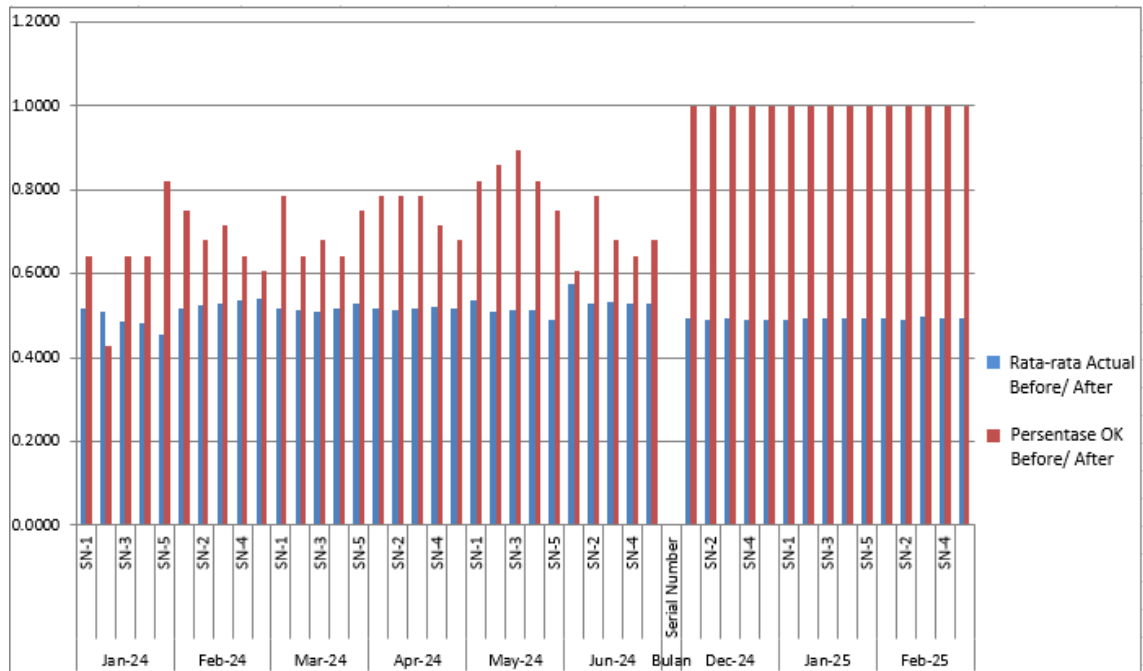
Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian:

- Waktu sebelum = 138 menit
- Waktu sesudah = 9 menit

Maka perhitungan efisiensi waktu adalah:

$$\begin{aligned}
 Efisiensi waktu &= \left(\frac{138 \text{ menit} - 9 \text{ menit}}{138 \text{ menit}} \right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{129 \text{ menit}}{138 \text{ menit}} \right) \times 100\% \\
 &\approx 93.48\%
 \end{aligned}$$

Dengan penggunaan *tooling* hasil inovasi, terjadi peningkatan efisiensi waktu pengukuran sebesar 93.48%, yang berarti proses pengukuran menjadi jauh lebih cepat. Efisiensi ini dapat memberikan dampak yang positif secara langsung di lapangan sehingga bisa mempercepat alur produksi secara keseluruhan.



Gambar 4.1. Grafik perbandingan sebelum dan sesudah melakukan modifikasi tooling

4 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian serta analisis yang telah dilakukan, bisa ditarik kesimpulan bahwa:

1. Proses *sandblasting* yang kurang stabil dan ketidaktepatan posisi selama proses kerja pengukuran dapat menyebabkan hasil *groove* yang bervariasi dan serta waktu pengukuran menjadi lebih lama.
2. Inovasi *tooling* berbahan aluminium yang telah dirancang kembali untuk sebagai alat bantu pada proses *sandblasting* mampu meningkatkan kestabilan pada saat proses pengukuran, mengurangi variasi hasil *groove*, serta mempercepat dalam proses pengukuran pada mesin CMM.
3. Dengan menggunakan *tooling* yang baru dapat menunjukkan peningkatan efisiensi waktu dalam proses pengukuran sebesar 93.48%, dari semula rata-rata 138 menit menjadi rata-rata 9 menit per *piece*.
4. Perancangan *tooling* yang dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan dan kebutuhan aktual di area produksi, sehingga desain dapat disesuaikan dengan kondisi nyata di lapangan.
5. Inovasi *tooling* berbahan aluminium ini dapat secara langsung memberikan dampak positif terhadap peningkatan efisiensi waktu pengukuran, kestabilan pengukuran, dan kualitas produksi secara keseluruhan.

5 Daftar Pustaka

Penulisan referensi menggunakan urutan angka seperti berikut, dimana nomor urut disesuaikan dengan nomor referensi yang ditulis di dalam isi paper.

- [1] Riyadi, I. Z., Hardiyono, H., & Zainul, L. M. (2024). Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Pada Proses Sandblasting PT Budhi Wiguna Prima. *Identifikasi*, 10(1), 99-106.
- [2] Risqullah, H., Kardiman, K., & Dirja, I. (2022). Proses Sandblasting Dalam Proses Fabrikasi Baja Struktur Pada Proyek Refinery Development Master Plan (RDMP) di PT AJP. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(15), 264-275.
- [3] Setyarini, P. H. (2011). Optimasi Proses Sand Blasting Terhadap Laju Korosi Hasil Pengecatan Baja Aisi 430. *Rekayasa Mesin*, 2(2), 106-109.
- [4] Laili, H. N., & Suparto, S. (2019, September). Analisis Pengendalian Kualitas Untuk Mengurangi Cacat Pada Produk Sepatu Dengan Metode Six Sigma Dan Kaizen Di Pt. Karya Mitra Budi Sentosa. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 217-224).
- [5] Tsamroh, D. I., Sasongko, M. I. N., & Yazirin, C. (2022). Analisis Sifat Mekanik dan Sifat Fisik Paduan Aluminium pada Perlakuan Penuaan Buatan. *TRANSMISI*, 18(1), 26-33.

- [6] .Priyono, P., & Yuamita, F. (2022). Pengembangan Dan Perancangan Alat Pemotong Daun Tembakau Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 1(3), 137-144.
- [7] Alamy, A. N., Suseno, S., & Junipitoyo, B. (2021). RANCANG BANGUN ALAT FLANGING TOOLS TERHADAP SHEET METAL SEBAGAI PENUNJANG PRAKTEK DI POLITEKNIK PENERBANGAN SURABAYA. In *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)* (Vol. 5).