

Rancang Bangun Purwa-rupa CMM Tower Fixture sebagai Dasar Media Pembelajaran GD&T

Auliana Diah Wilujeng^{a,*}, Rahman Hakim^b

^aProgram Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura
Jalan Raya Camplong Km.4, Taddan, Camplong, Sampang 69281, Indonesia

^bProgram Studi D3 Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam
Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

*E-mail: auliana_dw@poltera.ac.id

Abstract

The CMM (Coordinate Measuring Machine) machine is a high-speed, multi-function measuring device that produces high measurement accuracy and efficiency. CMM machines have the advantage of being a high level of precision, accurate, and requires a short measurement time (more efficient). But the disadvantage is the product to be measured must be stationary/static, so it needs a fixture. This problem then requires a tower-shaped fixture to keep the object static. Tower-fixtures are generally rectangular (4 sides). Generally, objects that have a high degree of complexity will need a fixture that has more than 4 sides. The brand that provides a buffer tower with more than 4 sides, has a fairly expensive price. Therefore, we design a such fixture for these purposes. Product is designed and drawn using the *SolidWork Software 2013*. Product is made using machining processes including using lathes, milling machines, drilling machines, and bench work tools. The product material used is Aluminum 6061. After the finished product, the product will be validated in dimensions using a CMM machine. The results obtained indicate that 64.3% of the total measurement of the tower fixture product is within the permissible tolerance range. The rest, as much as 35.7% of measurements are not acceptable because they exceed the tolerance limit given. This is caused by several factors, including human error and inaccuracies in the machining process, causing a difference in dimensions between the design drawings and the original dimensions of the product.

Keywords: CMM, fixture, tower, 6 sides, GD&T

Abstrak

Mesin CMM (*Coordinate Measuring Machine*) merupakan suatu alat pengukur multi fungsi berkecepatan tinggi yang menghasilkan akurasi dan efisiensi pengukuran yang tinggi. Mesin CMM memiliki kelebihan yaitu tingkat presisi yang tinggi, akurat, dan membutuhkan waktu pengukuran yang singkat (lebih efisien). Namun kekurangannya adalah produk yang akan diukur harus dalam keadaan diam/statis, sehingga membutuhkan penyangga. Permasalahan inilah yang kemudian membutuhkan suatu penyangga berbentuk tower agar benda tetap statis. Tower penyangga pada umumnya berbentuk segiempat (4 sisi). Umumnya, benda yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi akan membutuhkan sebuah tower penyangga yang memiliki lebih dari 4 sisi. Adapun produk komersial tower penyangga dengan lebih dari 4 sisi memiliki harga yang terbilang cukup mahal. Sehingga dalam paper ini dibuatlah sebuah desain peyangga tersebut. Desain produk dirancang dan digambar menggunakan *Software SolidWork 2013*. Produk dibuat dengan proses permesinan diantaranya menggunakan mesin bubut, mesin *frais*, mesin bor, dan alat kerja bangku. Material produk yang digunakan adalah Alumunium 6061. Setelah produk jadi, produk divalidasi dimensinya menggunakan mesin CMM. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa 64,3% dari jumlah pengukuran produk *tower fixture* berada dalam batas toleransi yang diizinkan. Selebihnya, sebanyak 35,7% pengukuran tidak dapat diterima karena melebihi dari batas toleransi yang diberikan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya *human error* dan ketidakakuratan dalam proses permesinan sehingga menyebabkan adanya perbedaan dimensi antara gambar desain dengan dimensi asli produk.

Kata kunci: CMM, penyangga, tower, 6 sisi, GD&T

1. PENDAHULUAN

Dunia manufaktur khususnya bidang kedirgantaraan dan otomotif, mempunyai standar tinggi dalam penentuan toleransi geometris [1], [2]. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga kualitas produk yang dihasilkan yang dimana memang mempunyai prioritas, *safety factor* yang tinggi karena menyangkut nyawa manusia yang berada di dalamnya. Selain itu

dibutuhkan tingkat kepresisian yang tinggi dalam pembuatan produk-produk kedirgantaraan maupun otomotif. Hal ini berkaitan dengan proses perakitan yang membutuhkan sesak pas (*clearance* kecil). Oleh karena itu, setelah proses manufaktur, produk biasanya melewati bagian *quality control*. Bagian *quality control* ini akan mengukur dimensi produk secara presisi sesuai dengan dimensi pada gambar rancangan. Alat yang digunakan untuk mengukur dimensi produk harus memiliki tingkat ketelitian yang sangat presisi [3], [4].

Mesin CMM (*Coordinate Measuring Machine*) merupakan suatu alat pengukur multi fungsi berkecepatan tinggi yang menghasilkan akurasi dan efisiensi pengukuran yang tinggi [5]. Metode yang digunakan adalah dengan menyentuh probe pada beberapa bagian (minimal 2 titik) dari produk. *Probe* yang disentuh tersebut akan membentuk suatu koordinat/kontur melalui program sehingga dimensinya dapat diketahui. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa mesin CMM memiliki kelebihan yaitu tingkat presisi yang tinggi, akurat, dan membutuhkan waktu pengukuran yang singkat (lebih efisien) [6]. Namun kekurangannya adalah produk yang akan diukur harus dalam keadaan diam/statis, sehingga membutuhkan penyangga.

Produk pada bidang dirgantara maupun otomotif pada umumnya tidak ada yang sederhana dan berukuran besar. Permasalahan inilah yang kemudian membutuhkan suatu penyangga berbentuk tower agar benda tetap statis. Tower penyangga pada umumnya berbentuk segiempat (4 sisi). Umumnya, benda yang memiliki tingkat kerumitan yang tinggi akan membutuhkan sebuah tower penyangga yang memiliki lebih dari 4 sisi. Adapun merek yang menyediakan tower penyangga dengan lebih dari 4 sisi, yaitu Renishaw, memiliki harga yang terbilang cukup mahal.

Oleh karena itu, paper ini berisi tentang tower penyangga yang telah dibuat kemudian diukur kembali menggunakan mesin CMM. Hal ini dilakukan karena untuk menjadi tower penyangga CMM, maka tower tersebut harus sesuai ukurannya dengan ukuran yang didesain (presisi dan akurat). Hasil ukuran dari mesin CMM yang nantinya akan menentukan apakah tower penyangga yang dibuat akan *Good/Not Good*.

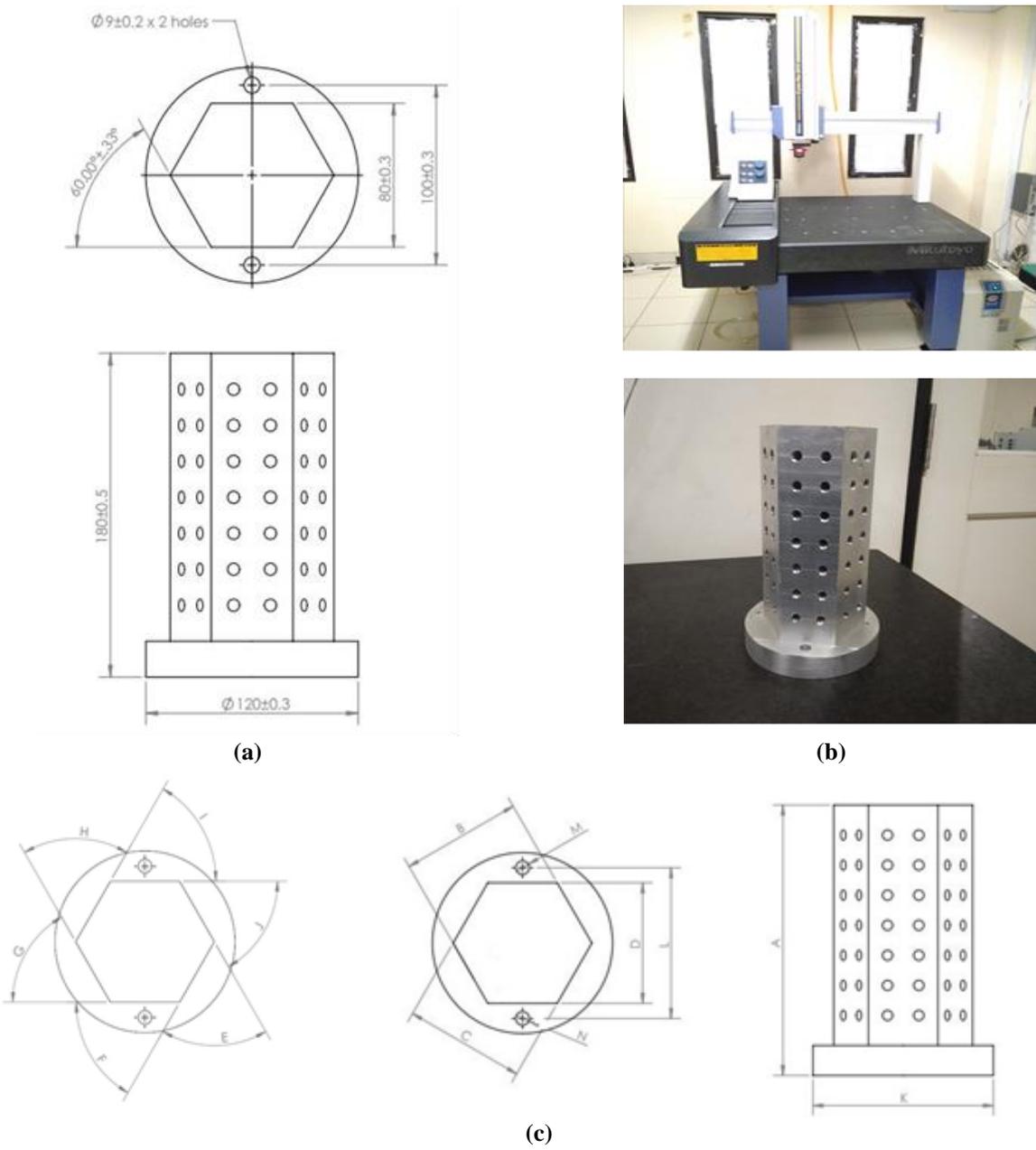
2. MATERIAL DAN METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan dan mempelajari literatur-literatur yang bersinggungan. Setelah literatur dirasa cukup kemudian dilakukan desain alat dengan menentukan dimensi dan toleransinya, seperti pada Gambar 1(a). Desain produk dirancang dan digambar menggunakan *Software SolidWork 2013*. Produk dibuat dengan proses permesinan diantaranya menggunakan mesin bubut, mesin *frais*, mesin bor, dan alat kerja bangku. Material produk yang digunakan adalah Alumunium 6061. Setelah produk jadi, produk akan divalidasi dimensinya menggunakan mesin CMM, seperti yang terlihat pada Gambar 1(b). Mesin CMM ini dilengkapi dengan probe berdiameter 0,987 mm dengan jenis media yang sesuai dengan pengukuran dimensi luar. Tingkat akurasi yang digunakan pada mesin CMM saat pengambilan data adalah 0,00028 mm.

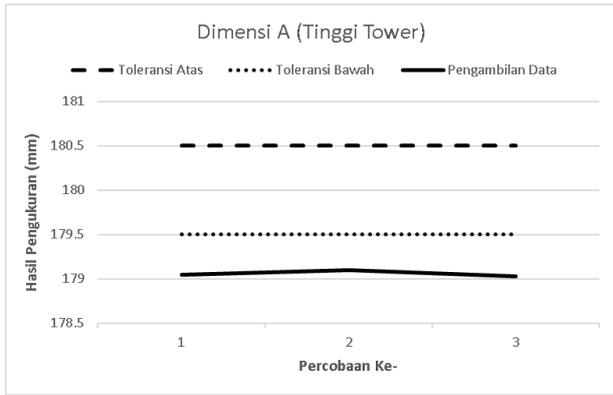
Secara umum bentuk dari tower *fixture* ini adalah prisma segienam dengan pondasi silinder. Terdapat dua lubang pada pondasi tower *fixture* yang dapat digunakan untuk melekatkan tower *fixture* pada *plate fixture*. Adapun dimensi yang diukur berjumlah 14 titik yang diberi nama A, B, C, ..., hingga N. Dimensi A merupakan tinggi tower *fixture*, sedangkan dimensi B, C, dan D adalah jarak sisi segienam yang saling berhadapan. Dimensi E, F, G, H, I, dan J merupakan sudut yang dibentuk oleh sisi segienam, sedangkan dimensi K merupakan diameter pondasi/*base* tower *fixture*. Adapun dimensi L, M, dan N berturut-turut adalah jarak antara lubang pondasi, diameter lubang pondasi 1 dan diameter lubang pondasi 2. Gambar 1(c) menunjukkan letak 14 dimensi yang diuji secara jelas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

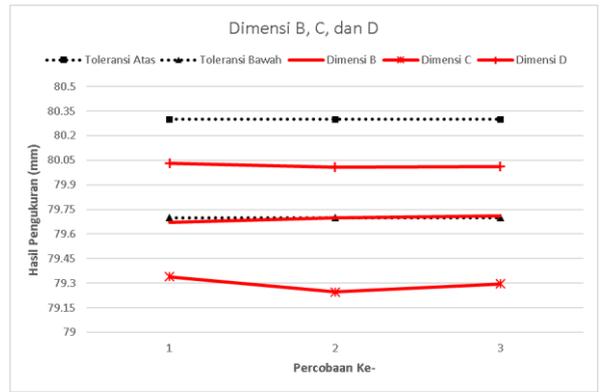
Tabel 1 merupakan hasil rekapitulasi hasil pengambilan data yang didapatkan dari mesin CMM. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali setiap masing-masing dimensi. Dimensi A dilakukan dengan menyentuh probe CMM ke puncak tower *fixture* dengan titik datum meja mesin CMM. Gambar 2 menunjukkan grafik hasil pengukuran dimensi A. Dari hasil percobaan menunjukkan hasil pengukuran yang tidak sesuai dengan desain awal. Rata-rata hasil pengukuran yang didapatkan adalah 179,056 mm. Terjadi penyimpangan dimensi sebesar 88,8% dari batas toleransi yang diizinkan, yaitu 179,5-180,5 mm. Hal ini mungkin disebabkan oleh ketidak-akuratan saat proses permesinan. Selain itu, hal ini dapat terjadi jika permukaan bawah pondasi tidak rata.



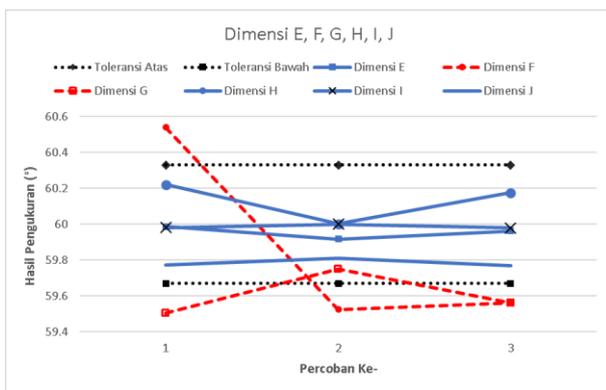
Gambar 1. (A) Rancangan dimensi alat tower *fixture*, (B) mesin CMM dan produk, (C) Variasi dimensi yang diukur menggunakan mesin CMM



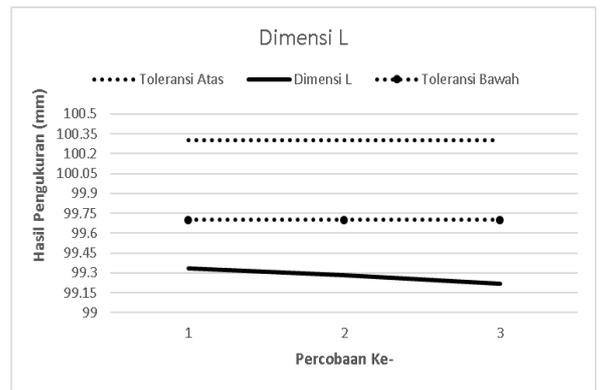
Gambar 2. Grafik hasil pengukuran dimensi A



Gambar 3. Grafik hasil pengukuran dimensi B, C, dan D



Gambar 4. Grafik hasil pengukuran dimensi E, F, G, H, I, dan J



Gambar 5. Grafik hasil pengukuran dimensi L

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran dimensi B, C, dan D. Dimensi B, C, dan D dilakukan dengan menyentuhkan probe di kedua sisi segienam yang saling berhadapan. Dimensi yang dirancang untuk B, C, dan D adalah 80 mm dengan toleransi ± 3 mm. Namun untuk dimensi B dan C terdapat penyimpangan dimensi, yaitu berturut-turut sebesar 2% dan 135,67%. Penyimpangan pada dimensi C merupakan penyimpangan terbesar. Hal ini mungkin dikarenakan ketidak-rataan permukaan tower akibat proses permesinan. Hanya dimensi D dari ketiga dimensi tersebut yang terletak dalam rentang toleransi, yaitu rata-rata 80,016 mm. Sedangkan rata-rata dimensi B dan C adalah 79,694 mm dan 79,293 mm.

Dimensi E, F, G, H, I, dan J merupakan pengukuran sudut yang dibentuk oleh setiap sisi dari tower segienam tersebut. Gambar 4 merupakan grafik hasil pengukuran sudut yang dibentuk oleh sisi tower. Dari gambar tersebut terlihat garis hotam merupakan batas/toleransi yang diizinkan. Sedangkan pengukuran dimensi E, F, H, I, dan J berada dalam batas toleransi. Sedangkan pengukuran dimensi G memiliki penyimpangan sebesar 20,3%, yaitu rata-rata pengukuran 59,603°. Penyimpangan yang terjadi pada dimensi C dan dimensi G saling berhubungan. Dari data ini dapat diketahui bahwa irisan dimensi sisi C dan dimensi sudut G memiliki cacat, baik yang disebabkan oleh kesalahan proses permesinan maupun faktor *human error*, kesalahan dalam penentuan titik koordinat (*Datum*) serta penggunaan mesin milling konvensional.

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil pengukuran dimensi L, yaitu jarak antara dua lubang pada pondasi/base tower fixture. Grafik tersebut menunjukkan adanya penyimpangan sebesar 140,67%, yaitu rata-rata pengukuran 99,278 mm dari yang seharusnya $100 \pm 0,3$ mm. Penyimpangan ini terjadi karena proses pembuatan lubang dilakukan menggunakan mesin bor manual, sehingga kemungkinan terjadi *human error* sangat besar.

Tabel 1. Hasil Pengujian Dimensi Menggunakan Mesin CMM

No.	Dimensi	Ukuran	Toleransi	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Rata-rata	Error (%)	Remark
A	Tinggi total CMM <i>Tower Fixture</i>	180 mm	± 0,5 mm	179.047 mm	179.095 mm	179.027 mm	179.056 mm	-0.944 mm	Reject
B	Lebar bidang datar <i>hexagon (1)</i>	80 mm	± 0,3 mm	79.671 mm	79.700 mm	79.710 mm	79.694 mm	-0.306 mm	Reject
C	Lebar bidang datar <i>hexagon (2)</i>	80 mm	± 0,3 mm	79.339 mm	79.246 mm	79.295 mm	79.293 mm	-0.707 mm	Reject
D	Lebar bidang datar <i>hexagon (3)</i>	80 mm	± 0,3 mm	80.030 mm	80.007 mm	80.012 mm	80.016 mm	0.016 mm	Aprove
E	Sudut <i>hexagon 1</i>	60°	± 0.33°	59.986°	59.917°	59.962°	59.955°	-0.045°	Aprove
F	Sudut <i>hexagon 2</i>	60°	± 0.33°	60.539°	59.523°	59.559°	59.874°	-0.126°	Aprove
G	Sudut <i>hexagon 3</i>	60°	± 0.33°	59.503°	59.748°	59.559°	59.603°	-0.397°	Reject
H	Sudut <i>hexagon 4</i>	60°	± 0.33°	60.220°	60.002°	60.175°	60.132°	0.132°	Aprove
I	Sudut <i>hexagon 5</i>	60°	± 0.33°	59.980°	59.999°	59.978°	59.986°	-0.014°	Aprove
J	Sudut <i>hexagon 6</i>	60°	± 0.33°	59.772°	59.811°	59.767°	59.783°	-0.217°	Aprove
K	Diameter <i>base</i>	120 mm	± 0,3 mm	120.024 mm	120.029 mm	120.023 mm	120.025 mm	0.025 mm	Aprove
L	Jarak antara lubang <i>base</i>	100 mm	± 0,3 mm	99.332 mm	99.286 mm	99.216 mm	99.278 mm	-0.722 mm	Reject
M	Diameter lubang base 1	9 mm	± 0,2 mm	9.074 mm	9.073 mm	9.072 mm	9.073 mm	0.073 mm	Aprove
N	Diameter lubang base 2	9 mm	± 0,2 mm	9.084 mm	9.080 mm	9.087 mm	9.084 mm	0.084 mm	Aprove

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini didapatkan bahwa 64,3% dari jumlah pengukuran produk *tower fixture* berada dalam batas toleransi yang diizinkan. Selebihnya, sebanyak 35,7% pengukuran tidak dapat diterima karena melebihi dari batas toleransi yang diberikan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya *human error* dan ketidak-akuratan dalam proses permesinan sehingga menyebabkan adanya perbedaan dimensi antara gambar desain dengan dimensi asli produk. Adapun penyimpangan dimensi terbesar terletak pada pengukuran jarak antara dua lubang pada pondasi/*base* tower *fixture*, yaitu sebesar 140,67% dari batas toleransi yang diizinkan. Sedangkan penyimpangan terkecil sebesar 2% dari batas toleransi yang diizinkan, terjadi pada pengukuran dimensi B (jarak antara dua sisi segienam yang saling berhadapan).

Sebagai acuan untuk *experiment* selanjutnya adalah dengan lebih memperhatikan proses manufaktur (Production Time, CNC Machining, Quality Process) dengan seksama, yang lebih mengacu kepada standar industry (*Renishaw Product*) untuk produk CMM Fixture yang sudah dikenal di dunia QC.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Politeknik Negeri Batam melalui penulis kedua yang telah berkenan memfasilitasi sarana dan prasarana berupa mesin CMM di Lab. Metrologi untuk melakukan eksperimen dan pengambilan data. Terimakasih juga kami ucapkan kepada Politeknik Negeri Madura atas sarana dan prasarana dalam penyelesaian paper ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Kweon and D. J. Medeiros, "Part orientations for CMM inspection using dimensioned visibility maps," *CAD Comput. Aided Des.*, vol. 30, no. 9, pp. 741–749, 1998.
- [2] E. Kiraci, P. Franciosa, G. A. Turley, A. Olifent, A. Attridge, and M. A. Williams, "Moving towards in-line metrology: evaluation of a Laser Radar system for in-line dimensional inspection for automotive assembly systems," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 91, no. 1–4, pp. 69–78, 2017.
- [3] M. Shokri and B. Arezoo, "Computer-aided CMM modular fixture configuration design," *Int. J. Manuf. Technol. Manag.*, vol. 14, no. 1–2, pp. 174–188, 2008.
- [4] S. Hammad Mian and A. Al-Ahmari, "New developments in coordinate measuring machines for manufacturing industries," *Int. J. Metrol. Qual. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, 2014.
- [5] A. A. Akhmad, A. S. Mohruni, and Zulkarnain, "Pembuatan Alat Bantu Pengukuran Geometri dan Toleransi Pada Koordinate Measuring Machine," *Pros. Semin. Nas. AVOER ke 3, 26-27 Oct. 2011*, pp. 368–377, 2011.
- [6] B. W. Febriantoko and M. R. Al Muklis, "REVERSE ENGINEERING OUTER FENDER PADA MOBIL MINI TRUK ESEMKA," in *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS – 2012*, 2012, pp. 53–59.