

# Konsistensi Produksi Mesin CNC *Milling* 3 Axis Supermill MK2 dengan Metode Hasil Pemotongan untuk Hasil Produksi yang Berkualitas

Fajar Budi Laksono<sup>\*1)</sup>, Pringgo Widyo Laksono<sup>2)</sup>, dan Ubaidillah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Prodi Program Profesi Insinyur dan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126, Indonesia

<sup>2)</sup> Prodi Program Profesi Insinyur dan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126, Indonesia

<sup>3)</sup> Prodi Program Profesi Insinyur dan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126, Indonesia

Email: [fajarbudilaksono12@gmail.com](mailto:fajarbudilaksono12@gmail.com), [pringgo@ft.uns.ac.id](mailto:pringgo@ft.uns.ac.id), [ubaidillah\\_ft@staff.uns.ac.id](mailto:ubaidillah_ft@staff.uns.ac.id)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi ketepatan dan akurasi mesin CNC *Milling* 3 Axis Supermill MK2 yang diproduksi oleh PT DTECH INOVASI INDONESIA. Metode yang digunakan melibatkan pengukuran deviasi dimensi dari komponen yang diproduksi oleh 10 mesin dari *batch* produksi berbeda. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan *caliper* digital presisi tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mesin CNC Supermill MK2 mampu menghasilkan komponen dengan deviasi dimensi yang sangat kecil, sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Analisis lebih lanjut terhadap dimensi, kualitas *surface finish*, tingkat siku, dan *run-out endmill* menunjukkan konsistensi produksi yang tinggi di antara mesin-mesin tersebut. Kesimpulannya, mesin CNC Supermill MK2 terbukti memiliki ketelitian dan konsistensi yang tinggi dalam produksi komponen, menjadikannya alat yang andal untuk produksi massal. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan indeks kemampuan inovasi dan daya saing industri di Indonesia, terutama bagi institusi pendidikan, UKM, dan *start-up*.

**Kata kunci:** CNC Milling, deviasi dimensi, ketepatan, konsistensi produksi, Supermill MK2, *surface finish*, validasi produksi

## 1. Pendahuluan

Banyak perusahaan dan institusi di dunia mempercepat perkembangan mereka dengan adanya revolusi industri 4.0 untuk meningkatkan daya saingnya (Mourtzis et al. 2015). Sebagian besar perusahaan menggunakan perangkat otomatisasi, *big data*, Internet of Things (IoT), dan kecerdasan buatan sebagai alat untuk meningkatkan kreativitas dan inovasi, memprediksi permintaan, menyarankan keputusan yang tepat, sistem peringatan dini, dll. (Mourtzis, Doukas & Bernidaki 2014). Salah satunya adalah penggunaan perangkat otomasi bernama CNC (Caro 2015). CNC (Computer Numerical Control) dapat mendongkrak daya saing inovasi dari suatu bangsa. Berdasarkan data dari Gardner.inc pada tahun 2014, permintaan mesin manufaktur terbesar di dunia termasuk CNC saat ini berasal dari Negara yang menjadi pusat inovasi dunia yaitu China 46 %, USA 11%, Jerman 10%, Korea 6%, dan Jepang 6% dengan total nilai hingga 71 Milyar USD (Tao & Zhang 2017).

Di sisi lain, Indonesia masih memiliki indeks kemampuan inovasi yang rendah dan masih memiliki ketergantungan terhadap teknologi luar negeri yang tinggi. Indeks kemampuan inovasi telah menjadi pilar dengan skor terendah di antara pilar lainnya (37.1 / 100) menurut World Economic Forum tahun 2018 (Schwab 2018). Indonesia berada di peringkat 68 dari 140 menurut indeks kemampuan inovasi sementara Filipina berada di peringkat 67, Thailand peringkat 51, Malaysia peringkat 30 dan Singapura peringkat 14 (Schwab 2018). Kurangnya indeks kemampuan inovasi memberi dampak besar bagi Indonesia. Salah satunya adalah nilai ekspor teknologi canggih Indonesia hanya 5 miliar USD sedangkan Filipina 26,2 miliar USD,

Vietnam 30,9 miliar USD, Thailand 35 miliar USD, Malaysia 57,3 miliar USD, dan Singapura 137,4 miliar USD menurut data Bank Dunia, dirilis pada 2016 (data.worldbank.org, 2016).

Oleh karena itu, untuk peningkatan indeks kemampuan inovasi dan daya saing bangsa, pengembangan mesin CNC milling ekonomis dan revolusioner sangat diperlukan sebagai gerbang bagi industri dan institusi di Indonesia untuk memasuki industri revolusi 4.0. Di Indonesia, perangkat *prototyping* dan *machining* masih relatif mahal, terutama untuk SMK, *start-up*, atau UKM (Ginting, Hadiyoso & Aulia 2017). Salah satu penyebabnya adalah karena sebagian CNC di Indonesia didapatkan melalui impor sehingga nilai TKDN produk ini sangatlah kecil dan memiliki harga mahal (Ginting, Hadiyoso & Aulia 2017). Jika lembaga pendidikan, UKM/*start-up* dan *maker space* memiliki akses untuk mesin CNC, maka akan ada lebih banyak orang yang tertarik untuk mengembangkan produk inovatif yang memberikan dampak besar pada indeks kemampuan inovasi dan peningkatan daya saing bangsa.

Salah satu perusahaan di Salatiga, yaitu PT DTECH INOVASI INDONESIA, telah berhasil membuat mesin CNC milling 3 axis dengan brand Supermill MK2. Mesin CNC ini sudah diproduksi dan berhasil memberikan manfaat terhadap produktivitas UMKM serta institusi pendidikan. Akan tetapi, belum ada penelitian yang membuktikan konsistensi produksi dari mesin Supermill MK2 yang dihasilkan oleh PT DTECH INOVASI INDONESIA. Adapun desain dan spesifikasi dari mesin tersebut dapat terlihat pada gambar dan tabel di bawah.



**Gambar 1.** CNC Milling 3 Axis yang diproduksi

**Tabel 1.** Spesifikasi Mesin CNC Milling 3 Axis yang telah diproduksi

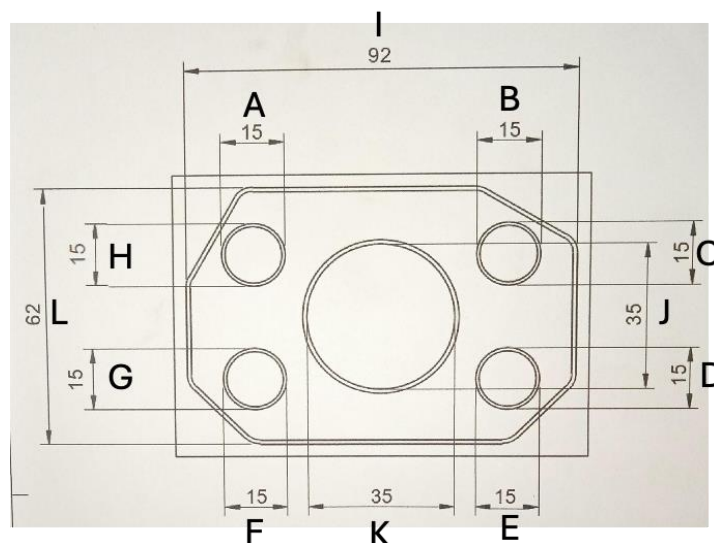
	MK-II TYPE 1	MK-II TYPE 2
<b>Travel</b>		
Travel in X/Y/Z axis	300mm   300mm   300mm	400mm   300mm   300mm
Spindle Nose to Table Max		424mm
Spindle Nose to Table Min		120mm
<b>Table</b>		
Length (Work Area)   Width	450mm   300mm	500mm   300mm
T-Slot Width   T-Slot Distance		10mm   90mm
Number of T-Slots   Max Table Load	3   50kg	3   70kg
<b>Feedrates</b>		
Max Cutting Speed		8m/min
Rapid on X,Y, and Z axis		12.5m/min
<b>Spindle</b>		
Max Rating		1.5KW
Max Speed		6000 (optional 8000) RPM
Taper		BT30
Spindle Motor Cooling		Air Cooled with Integrated Fan**
Tool Clamping		Electronically Controlled Pneumatic
<b>Controller</b>		
Controller System		DTECH-AUTOMATION Controller
Screen & UI		10.1" High Resolution Touch Screen
File & G Code Storage		80 GB Dedicated High Speed Storage
MPG Type		Integrated MPG with High Res Encoder
<b>Electrical, Coolant, &amp; Air Requirement</b>		
Input AC Voltage   Full load Amps		1 Phase 20 A
Full Load Amps		1 Phase 20 A
Full Load Wattage		4.4 W (4.400 watt)**2
Air Requirement		113 Liter/Min @ 6.9 bar
Air Pressure Min		6 bar
Coolant Capacity		40 Liter (Recirculated)
Coolant Pump		120 Watt High Pressure Pump
Lubrication System		Lubrication System
Light		Activated

Agar proses produksi mesin CNC Supermill MK2 dapat dilakukan dengan maksimal, maka perlu dilakukan uji konsistensi dari hasil pemotongan mesin tersebut. Dalam penelitian kali ini, telah dilakukan validasi hasil melalui hasil pemotongan dari 10 mesin dari *batch* produksi yang berbeda dengan benda kerja tertentu. Hal ini berguna untuk memvalidasi konsistensi metodologi produksi yang digunakan oleh perusahaan. Diharapkan penelitian ini akan dapat memantapkan metodologi produksi yang digunakan oleh perusahaan serta meyakinkan konsumen mengenai ketelitian dan konsistensi produksi dari mesin Supermill MK2.

## 2. Metode

Untuk mengevaluasi ketepatan dan akurasi mesin CNC Milling 3 Axis Supermill MK2, penelitian ini menggunakan metode pengukuran deviasi dari dimensi yang ditargetkan. Proses ini melibatkan pembuatan sejumlah sampel komponen menggunakan mesin tersebut dan mengukur setiap sampel untuk menentukan sejauh mana hasilnya sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Proses pengaturan dan pemotongan dari benda kerja ditunjukkan pada gambar di bawah. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur presisi tinggi seperti caliper digital dengan merk Mitutoyo yang telah dikalibrasi.

Selanjutnya, untuk mengukur kemampuan mesin dari berbagai *batch* produksi dalam menghasilkan komponen yang konsisten secara berulang kali, dilakukan pengujian dengan benda kerja yang dihasilkan dari 10 mesin CNC Supermill MK2. Setiap benda kerja dari berbagai *batch* akan dianalisis untuk melihat konsistensi produksi dari mesin CNC. Untuk mempermudah proses perbandingan pengukuran dari 10 mesin tersebut, maka masing-masing dari dimensi benda kerja akan diberikan simbol huruf seperti pada gambar di bawah.



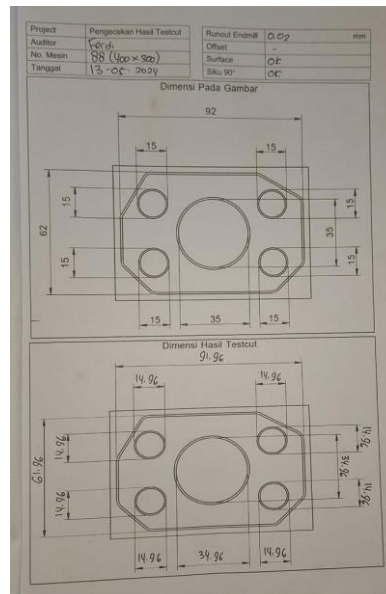
Gambar 2. Gambar Benda Kerja Setelah Diberikan Simbol

Dari benda kerja tersebut, tidak hanya dilakukan pengukuran dimensi, akan tetapi juga dilakukan pengukuran terhadap kualitas *surface finish*, tingkat siku, serta *run-out* dari *endmill*. Untuk hasil *surface finish* dilakukan secara visual di mana hasil yang dapat diterima dapat ditunjukkan seperti gambar di bawah ini.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pemotongan dari benda kerja selanjutnya dilakukan pengukuran secara nyata dan dituliskan dalam suatu formulir. Formulir yang digunakan untuk pengukuran benda kerja

tersebut ditunjukkan pada gambar di bawah. Dalam formulir tersebut, telah dituliskan secara lengkap dimensi, *surface finish*, siku, hingga *run-out endmill* yang akan menunjukkan ketelitian dari mesin tersebut.



**Gambar 3.** Contoh Formulir yang Digunakan untuk Mengukur Ketelitian dari Mesin yang Telah Diproduksi

Mesin yang digunakan dalam studi kasus kali ini adalah mesin dengan *batch* produksi nomor 85 hingga 94. Data dari formulir yang ada pada gambar di atas akan dimasukkan ke dalam tabel yang nantinya masing-masing dimensi akan diberi simbol seperti pada gambar 5. Adapun hasil pengukuran dari 10 mesin tersebut dapat ditunjukkan melalui tabel di bawah.

**Tabel 2.** Hasil Pengukuran dari 10 Mesin CNC Supermill MK2

No	Nomor Mesin	Dimensi Setelah Pengukuran (mm)													Surface	Siku	Runout
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L				
1	Supermill MK2 85	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
2	Supermill MK2 86	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	91.98	34.98	34.98	61.98	Ok	Ok	0,01	
3	Supermill MK2 87	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
4	Supermill MK2 88	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
5	Supermill MK2 89	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
6	Supermill MK2 90	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	14.98	91.98	34.98	34.98	61.98	Ok	Ok	0,01	
7	Supermill MK2 91	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
8	Supermill MK2 92	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
9	Supermill MK2 93	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	
10	Supermill MK2 94	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	14.96	91.96	34.96	34.96	61.96	Ok	Ok	0,02	

Dari tabel di atas, dapat dilihat bahwa hasil produksi dari Supermill MK2 yang dilakukan oleh PT DTECH INOVASI INDONESIA sangatlah konsisten. Angka-angka tersebut juga menunjukkan ketelitian dari mesin di mana pada kolom A hingga H memiliki hasil yang sama sehingga dapat disimpulkan bahwa geometri lingkaran yang dihasilkan dari mesin CNC tersebut adalah sempurna. Selain itu, terdapat selisih antar hasil pengukuran nyata dan gambar yang sebetulnya disebabkan adanya *run-out endmill*.

Dapat dilihat pula pada mesin 85, 87, 88, 89, 91, 92, 93 dan 94 terdapat selisih sekitar 0,04 mm dari dimensi gambar. Pada mesin dengan nomor tersebut, nilai *run-out endmill* adalah 0,02 mm sehingga apabila *endmill* tersebut berputar maka akan menghasilkan selisih dari dimensi gambar senilai 0,04 mm seperti yang dihasilkan pada tabel. Begitu juga pada mesin nomor 86 dan 90 yang memiliki selisih 0,02 mm dari dimensi gambar kerja dengan nilai *runout*

*endmill* 0,01 mm. Dari perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa hasil dari produksi mesin CNC Supermill MK2 sangatlah teliti dan sangat mendekati nilai dari gambar bahkan dapat sama dengan gambar apabila *run-out endmill* dapat diatur dengan nilai 0.

Untuk menganalisis konsistensi hasil produksi mesin CNC Milling 3 Axis Supermill MK2, dilakukan pengukuran terhadap dimensi komponen yang dihasilkan dari 10 mesin yang berasal dari *batch* produksi yang berbeda. Data pengukuran ini digunakan untuk menghitung nilai mean (rata-rata) dan standar deviasi dari setiap dimensi. Standar deviasi merupakan ukuran dispersi yang menunjukkan sejauh mana data pengukuran menyebar dari nilai rata-rata. Untuk data rata-rata dan standar deviasi dari data tabel 2, selanjutnya ditunjukkan pada tabel di bawah.

**Tabel 3.** Rata-Rata dan Standar Deviasi per Dimensi

Dimensi	Rata-rata (Mean)	Standar Deviasi
A	14.964	0.008433
B	14.964	0.008433
C	14.964	0.008433
D	14.964	0.008433
E	14.964	0.008433
F	14.964	0.008433
G	14.964	0.008433
H	14.964	0.008433
I	91.964	0.008433
J	34.964	0.008433
K	34.964	0.008433
L	61.964	0.008433

Dari hasil di atas, terlihat bahwa rata-rata untuk dimensi A hingga H adalah 14.964 mm, untuk dimensi I adalah 91.964 mm, untuk dimensi J dan K adalah 34.964 mm, dan untuk dimensi L adalah 61.964 mm. Standar deviasi untuk semua dimensi adalah 0.008433, menunjukkan bahwa data untuk setiap dimensi sangat konsisten dan nilai-nilai individu tidak menyimpang jauh dari rata-rata.

#### 4. Simpulan

Berdasarkan evaluasi ketepatan dan akurasi mesin CNC Milling 3 Axis Supermill MK2 yang dilakukan dalam studi kasus ini, dapat disimpulkan bahwa mesin ini menunjukkan kinerja yang sangat memuaskan dalam memproduksi komponen sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Pengukuran deviasi dimensi dari setiap sampel komponen yang diproduksi menunjukkan bahwa hasil pemotongan sangat mendekati dimensi target, dengan deviasi yang sangat kecil dan berada dalam batas toleransi yang dapat diterima.

Proses validasi yang melibatkan pengujian terhadap 10 mesin dari *batch* produksi yang berbeda memperlihatkan konsistensi yang tinggi. Analisis terhadap dimensi, kualitas *surface finish*, tingkat siku, dan *run-out endmill* dari benda kerja menunjukkan bahwa mesin-mesin tersebut mampu menghasilkan komponen dengan kualitas yang seragam. Data pengukuran menunjukkan bahwa hasil produksi dari PT DTECH INOVASI INDONESIA sangat konsisten, dengan geometri lingkaran yang dihasilkan oleh mesin CNC menunjukkan ketelitian yang tinggi. Selisih dimensi yang kecil antara hasil pengukuran nyata dan gambar target sebagian besar disebabkan oleh *run-out endmill*, yang dapat diatur untuk mencapai ketelitian yang lebih tinggi.

Dengan standar deviasi yang sangat kecil (0.008433) untuk setiap dimensi, dapat disimpulkan bahwa variasi data sangat rendah dan konsistensi antara mesin-mesin Supermill

MK2 cukup tinggi. Ini menunjukkan bahwa performa mesin sangat stabil dan dapat diandalkan dalam menghasilkan nilai yang hampir sama untuk setiap pengukuran dimensi yang diberikan.

### Daftar Pustaka

- Caro, D. (2016). 1 - Industrial data communications protocols and application layers. In R. Budampati & S. Kolavennu (Eds.), *Industrial Wireless Sensor Networks* (pp. 3–23). Woodhead Publishing. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-230-3.00001-5](https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-230-3.00001-5)
- Ginting, R., Hadiyoso, S. & Aulia, S. (2017). Implementation 3-Axis CNC router for small scale industry. *International Journal of Applied Engineering Research*, Vol. 12, No. 17, pp. 6553–6558.
- Mourtzis, D., Doukas, M. & Bernidaki, D. (2014). Simulation in manufacturing: Review and challenges, *Procedia CIRP*, Vol. 25, No. C, pp. 213–219.
- Mourtzis, D., Papakostas, N., Mavrikios, D., Makris, S. & Alexopoulos, K. (2015). The role of simulation in digital manufacturing: Applications and outlook, *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 28, No. 1, pp. 3–24.
- Schwab, K. (2018). *The Global Competitiveness Report 2018*, *World Economic Forum Reports 2018*.
- Tao, F. & Zhang, M. (2017). Digital twin shop-floor: A new shop-floor paradigm towards Smart manufacturing, *IEEE Access*, Vol. 5, pp. 20418–20427