

Analisis Proses Manufaktur Checking Fixture Untuk Pengecekan Bracket Brake Tube

A. Listyantaka^{1,*}, Y. Kurniawan¹

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia..

ABSTRAK – Analisis proses manufaktur checking fixture sebagai alat inspeksi part bracket brake tube sesuai tuntutan yang diberikan dan menguji keefektifitasannya. Lokasi datum pada penelitian tugas akhir ini berada pada *centre hole base plate* dengan ukuran \varnothing 8 mm dengan melihat koordinat datum pada 3D *part*, yaitu:” L:1152.00 W:-125.00 H:1635.00.”Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain: data hasil pengukuran koordinat menggunakan Faro *Portable Measurement Arm*, data proses manufaktur *Checking Fixture Bracket Brake Tube*, data biaya pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube*. Tahap awal perancangan desain *checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube* diperoleh data identifikasi untuk pembuatan konsep awal dan rencana desain yang dibuat dan disajikan ke dalam *check sheet* sesuai desain *part* yang akan dibuat *checking fixtures (CF)*. Konsep desain yang sudah dibuat akan dilakukan pemeriksaan, apabila sudah sesuai keinginan maka selanjutnya akan dibuatkan desain keseluruhan untuk *checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube*.”Hasil inspeksi pada *Checking Fixture Bracket Brake Tube* menggunakan Faro *Portable Measurement Arm* menunjukkan hasil “OK” dengan nilai di bawah angka toleransi, yaitu: $\pm 0,15$ mm untuk *circle point* dan $\pm 0,20$ mm untuk *surface point*.”Proses Manufaktur *Checking Fixture Bracket Brake Tube* memerlukan total waktu 65404 detik atau sama dengan 18,17 jam. Estimasi total biaya yang diperlukan dalam pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube*, yaitu sebesar:” Rp.9.114.774,9,- **Kata kunci:** *Checking Fixture, Analisis, Manufaktur, Pengukuran*

Kata kunci: *Checking Fixture, Analisis, Manufaktur, Pengukuran*

ABSTRACT – Analyze the checking fixture manufacturing process as an inspection tool for brake tube bracket parts according to the demands given and test its effectiveness. The datum location in this final project research is at the center hole of the base plate with a size of \varnothing 8 mm by looking at the datum coordinates on the 3D part, namely: L:1152.00 W:-125.00 H:1635.00. The data used in this final project research include: data on the results of coordinate measurements using Faro Portable Measurement Arm, data on the manufacturing process of Checking Fixture Bracket Brake Tube, data on the cost of making Checking Fixture Bracket Brake Tube. The initial stage of designing the checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube design is obtained identification data for making initial concepts and design plans that are made and presented in a check sheet according to the design of the part to be made checking fixtures (CF). The design concept that has been made will be checked, if it is as desired then the overall design will be made for checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube. Inspection results on Checking Fixture Bracket Brake Tube using Faro Portable Measurement Arm show the results of “OK” with a value below the tolerance number, namely: ± 0.15 mm for circle points and ± 0.20 mm for surface points. The Brake Tube Bracket Fixture Checking Manufacturing Process requires a total time of 65404 seconds or equal to 18.17 hours. The total estimated cost required in the manufacture of Checking Fixture Bracket Brake Tube, amounting to: IDR 9,114,774.9

Keyword: *Checking Fixture, Analysis, Manufacturing, Measurements*

Dikirim: 15 Juni 2023; Direvisi: 20 Juni 2023; Diterima: 21 Juni 2023

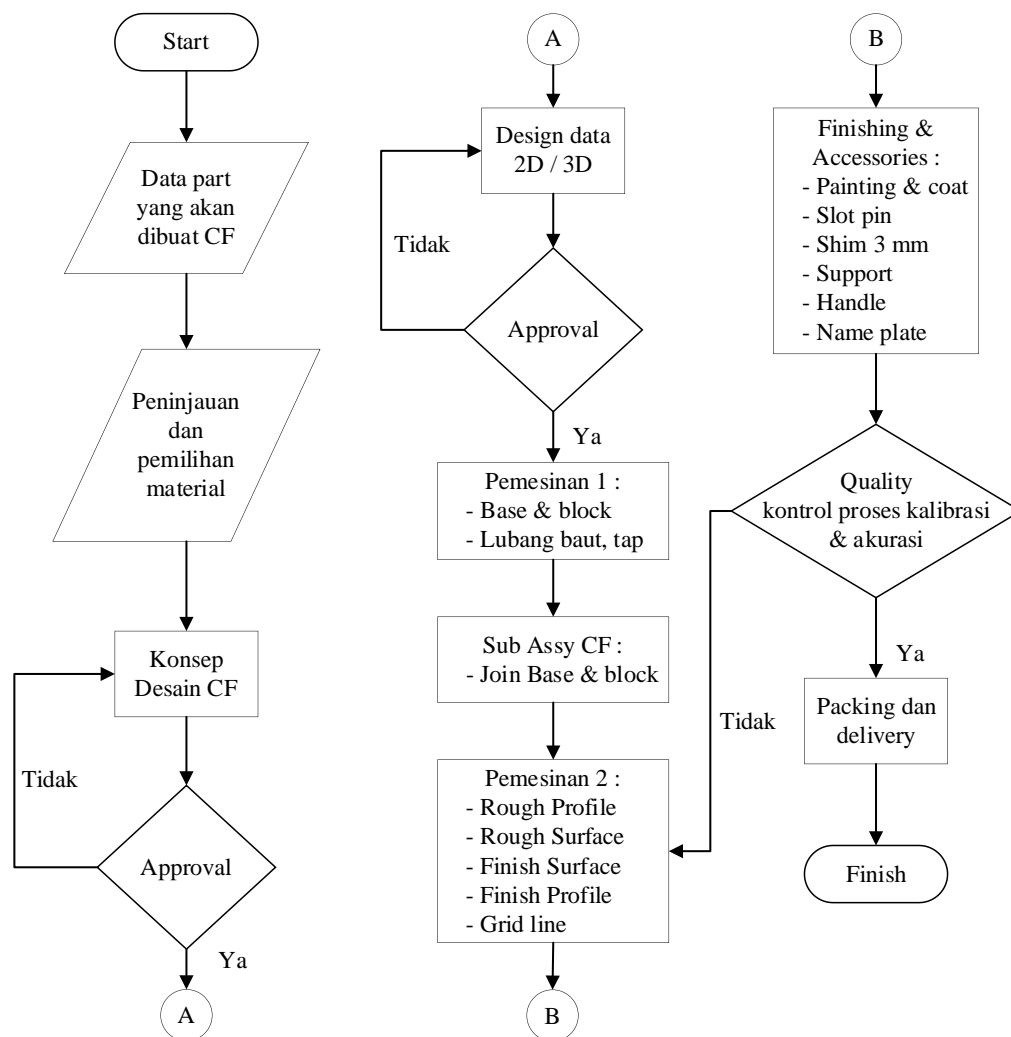
PENDAHULUAN

Pesatnya kemajuan teknologi dalam sektor industri manufaktur kondisi sekarang telah menciptakan berbagai pembaruan *product* yang lebih kompleks. Untuk memastikan dimensi ukuran dan toleransi dari produk dibutuhkan alat untuk memastikan kepresisian serta batas toleransi dari produk tersebut telah sesuai keinginan. *Checking Fixtures* (CF) adalah komponen penting dari *quality assurance* dalam pengembangan produk yang kompleks seperti pada komponen bodi kendaraan. Perangkat ini memungkinkan operator untuk mengukur dan memeriksa secara detail bagian *part stamping* untuk melihat apakah telah diproduksi dalam toleransi yang sesuai dengan desain yang diinginkan. Biasanya terdapat sejumlah klem, pin, probe atau alat lain yang menempel. Pemeriksaan pada *checking fixture* mengikuti instruksi sesuai prosedur operasional untuk memastikan bahwa siapapun operator yang menggunakan akan memperoleh hasil pemeriksaan yang tetap sama. *Checking fixtures* dapat bervariasi ukurannya tergantung pada komponen yang diperiksa, dari ukuran sekecil bola hingga ukuran kendaraan dan dirancang dengan mempertimbangkan faktor ergonomi [1].

Pada penelitian ini *Checking Fixtures* (CF) dibuat untuk komponen bodi kendaraan, yaitu *Bracket Brake Tube*. *Checking Fixtures* untuk komponen bodi kendaraan memiliki tipe yang berbeda sesuai dengan *measuring planning* dan *parts features*. Jenis utama CF adalah sebagai berikut: *measuring fixtures*, *combined CFs*, *profile modelling casting CFs*, dan *additional CFs*. Memilih jenis CF yang sesuai untuk bagian bodi kendaraan merupakan langkah awal untuk merancang CF yang baik. Dalam proses *quality control* (QC) *stamping part*, pemilihan jenis CF mempertimbangkan fitur dan parameter *part* yang perlu diukur. Oleh karena itu, karakteristik *stamping part* penting untuk diperhatikan dalam desain CF. Secara tradisional, pemilihan tipe CF bergantung pada keahlian dan pengalaman dari perancang. Dalam tahap evaluasi kinerja dari CF juga sangat sulit karena hubungan parameter desain yang sangat *nonlinier*. Akibatnya, tidak langsung terlihat apakah CF dinilai optimal atau mendekati optimal untuk *part* tertentu [2]. Saat ini terdapat berbagai jenis metode inspeksi yang digunakan di berbagai industri untuk memeriksa kualitas CF, seperti *Coordinate Measuring Machine* (CMM) dan berbagai jenis alat ukur. Alat ukur adalah alat yang digunakan untuk memeriksa ukuran, bentuk dan posisi relatif dari berbagai *part* tetapi tidak dilengkapi dengan bagian yang dapat disesuaikan. Oleh karena itu, alat ukur dipahami sebagai alat pengukur tipe *single-size fixed-type measuring tool* [3]. *Faro Portable Measurement Arm* adalah perangkat pengukuran 3D yang dikembangkan sebagai respon atas meningkatnya kebutuhan akan solusi pemeriksaan dan akurasi yang memberikan lebih banyak portabilitas dan fleksibilitas daripada fixed CMM. *Faro Portable Measurement Arm* menentukan dan merekam lokasi probe dalam ruang 3D dan melaporkan hasilnya melalui perangkat lunak. *Arm* tersebut menghitung posisi yang sebenarnya dari probe di setiap titik melalui encoder yang tertanam pada setiap sumbu (atau sambungan) pada *Arm* [4].

Sebuah perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan komponen otomotif *underbody* memproduksi komponen *bracket spring* yang pada prosesnya akan diassembly di *line* perakitan. Karena komponen tersebut cukup vital, sehingga kualitasnya harus selalu terjaga baik itu dari segi visual maupun dimensi. Untuk mengantisipasi hal tersebut dibuat sebuah alat *checking fixture* yang mampu untuk mengurangi total waktu pengecekan komponen *bracket spring*, dengan tetap menjaga kualitas pengecekan yang distandarkan [5]. Alat *checking fixture* dibuat untuk komponen *panel unit* sebagai bagian dari *quality control* yang bertujuan untuk memastikan kepresisian serta batas toleransi dari komponen tersebut telah sesuai dengan standar yang diinginkan [6]. Sebuah *checking fixture* dibuat sesuai dengan karakteristik *part* yang akan diperiksa, sehingga menjadikan *checking fixture* sebagai alat yang dikhususkan untuk memeriksa satu jenis part tertentu [7]. Dalam penelitian ini, komponen *Bracket Brake Tube* merupakan bagian penting yang akan dirakit langsung pada bodi kendaraan. Maka dari itu diperlukan alat bantu khusus, yaitu sebuah *Checking Fixture Bracket Brake Tube* untuk pengecekan kualitas komponen tersebut, sehingga mampu memastikan keakurasian dimensi dan toleransi sesuai dengan standar.

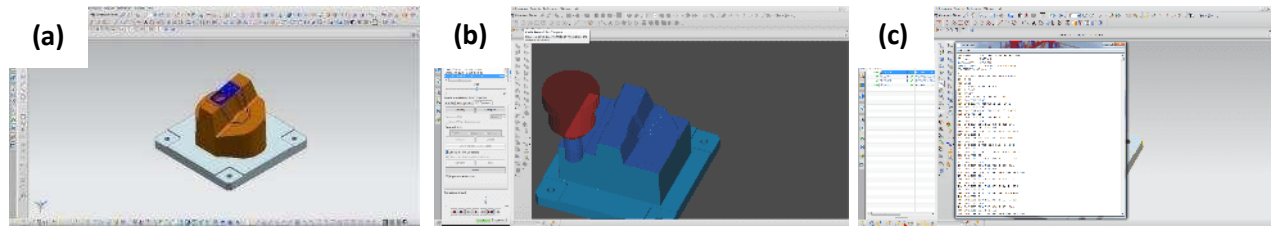
METODE



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada **gambar 1** di atas dapat dijelaskan tahap-tahap yang dilakukan dalam menyelesaikan proses pembuatan *Checking Fixtures (CF) Bracket Brake Tube*. Tahap awal meliputi Data *part*, dimana pada tahap ini pengumpulan informasi data *part Bracket Brake Tube* yang akan dibuatkan *checking fixtures (CF)*. Peninjauan dan pemilihan material *checking fixtures (CF)* yang akan diproduksi dalam penelitian ini, berdasarkan pertimbangan dan permintaan digunakan material, Aluminium 7075 untuk *base plate* dan *PU Epoxy* untuk *Block*. Berikutnya pembuatan konsep desain *checking fixtures (CF)* meliputi, perancang membuat konsep terkait desain *checking fixtures (CF)* yang akan diproduksi sesuai data *part Bracket Brake Tube* yang diperoleh.

Setelah konsep desain *checking fixtures (CF)* disetujui, selanjutnya perancang membuat desain *checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube* dalam bentuk 2D dan 3D serta pembuatan G-code data pemesinan menggunakan software NX 7,5. Berikut tampilan proses desain menggunakan software NX 7,5 seperti ditunjukkan pada **gambar 2**.



Gambar 2. Design Data : a) Proses Desain 3D *Checking Fixture Bracket Brake Tube*, b) Simulasi Pemakanan *Cavity Mill* dan c) Pembuatan *G-Code*

Tahapan selanjutnya adalah proses pemesinan 1. Desain *checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube* yang disetujui, selanjutnya dilakukan proses pemesinan menggunakan mesin CNC Okuma 3 Axis pada komponen *base* dan *block* untuk membuat lubang baut dan tap. Proses *sub assy checking fixtures (CF) Base* dan *block* disatukan dengan sambungan baut. Pada proses pemesinan 2 dilakukan pekerjaan pemesinan untuk proses *modelling: rough profile, rough surface, finish surface, finish profile, grid lines* dengan menggunakan mesin CNC Okuma 3 Axis. Proses *finishing* dan *accessories* meliputi *coating*, pemasangan *slot pin, shim 3mm, support, handle, rubber pad, name plate*. *Quality control* proses akurasi dan kalibrasi dilakukan guna memastikan keakurasian *checking fixtures (CF) Bracket Brake Tube* yang diproduksi telah sesuai standar dengan menggunakan instrument alat *Faro Portable measurement Arm*. Tahap akhir proses manufaktur yaitu *Packing* dan *delivery*. *Checking fixtures (CF)* yang sudah dipastikan *OK* disiapkan untuk proses pengiriman dengan melampirkan serah terima dokumen dan hasil *check accuracy*.

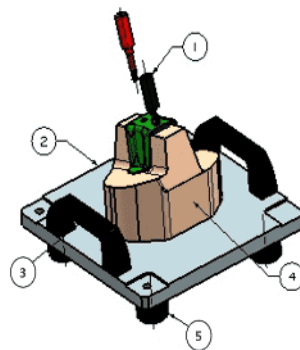
HASIL ANALISIS

Desain Gambar *Checking Fixture Bracket Brake Tube*

Proses Desain Data 2D dan 3D dilakukan dengan memperhatikan ilustrasi konsep desain *Checking Fixture (CF) Bracket Brake Tube*, dikerjakan dengan menggunakan Software NX 7,5, seperti ditunjukkan pada **gambar 3** dengan nama komponen seperti pada **tabel 1**.

Tabel 1. Komponen *Checking Fixture Bracket Brake Tube*

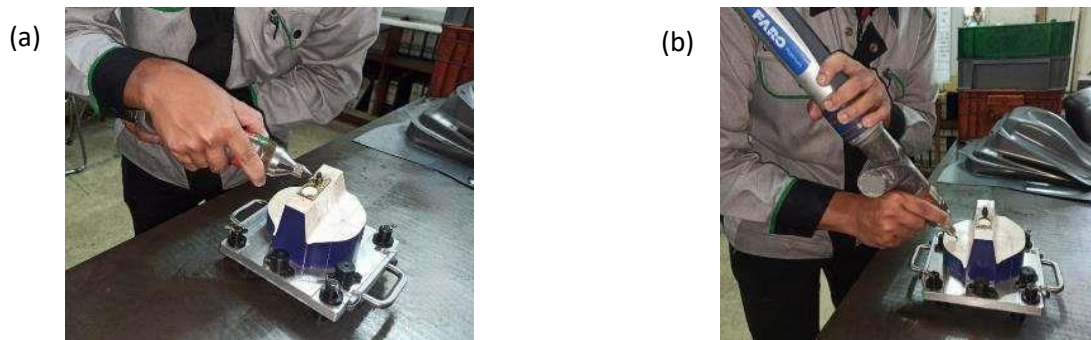
1.	<i>Clamp</i>
2.	<i>Base Plate</i>
3.	<i>Handle</i>
4.	<i>Inspection Block</i>
5.	<i>Pad</i>



Gambar 3. Desain 3D *Checking Fixture Bracket Brake Tube*

Proses Akurasi dan Kalibrasi dengan Faro *Portable Measurement Arm*

Proses Akurasi dan Kalibrasi dengan Faro *Portable Measurement Arm* adalah inspeksi akhir yang dilakukan pada produk jadi (*Finished Good*). *Final inspection* ini memeriksa karakteristik produk secara menyeluruh baik fungsional maupun tampilannya. *Final Inspection* ini dilakukan sebelum produk jadi dikirim ke pelanggan [8]. Proses Akurasi dan Kalibrasi dilakukan oleh Operator Akurasi, memeriksa kualitas hasil produksi secara langsung, mengukur dimensi dan geometri terhadap desain, melakukan pengukuran 2D dan 3D *Checking Fixture Bracket Brake Tube* melalui perekaman *coordinate spatial dots* terhadap bidang muka *Checking Fixture* terperiiksa [9].



Gambar 4. Pengukuran Faro : a) Pada *Circle Point*, b) Pada *Surface Point*

Hasil Inspeksi Faro *Portable Measurement Arm* pada *Circle Point* dan *Surface Point*

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan Faro *Portable Measurement Arm Circle Point* dan *Surface Point* diolah dan ditungkan ke dalam table, seperti ditampilkan pada **tabel 2** dan **tabel 3** di bawah. Selanjutnya dilakukan analisa apakah hasil pada tiap poin pengukuran telah memenuhi standar yang diharapkan.

Tabel 2. Hasil Inspeksi dengan Faro *Portable Measurement Arm Circle Point*

CIRCLE POINT												
Point Check	Nominal				Actual				Deviation			
	Diameter	X	Y	Z	Diameter	X	Y	Z	Diameter	X	Y	Z
Circle 1	7,997	1152	-125	1635	8,084	1152	-125	1635	-0,087	0	0	0
Circle 2	7,997	1152	-125	1765	8,088	1152	-125	1765	-0,091	0	0	0,001
Circle 3	7,997	1152	5,002	1635	8,039	1152	4,991	1634,99	-0,042	0	0,011	0,012
Circle 4	18,99	1067,08	-59,776	1681,06	18,993	1066,97	-59,684	1681,05	-0,003	0,109	-0,092	0,01
Circle 5	10	1061,77	-59,779	1700,87	9,953	1061,67	-59,717	1700,77	0,047	0,099	-0,062	0,097

Tabel 3. Hasil Inspeksi dengan Faro *Portable Measurement Arm Surface Point*

SURFACE POINT									
Point Check	Nominal			Actual			Deviation		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
SP-1	1116,943	-26,33	1693,052	1116,933	-26,33	1693,049	0,01	0	0,003
SP-2	1111,068	-21,569	1711,918	1111,041	-21,569	1711,926	0,027	0	-0,008
SP-3	1078,099	-44,491	1711,926	1078,096	-44,476	1711,926	0,003	-0,015	0
SP-4	1093,273	-43,513	1676,729	1093,267	-43,478	1676,727	0,006	-0,035	0,002
SP-5	1075,08	-59,351	1662,777	1075,048	-59,351	1662,769	0,032	0	0,008
SP-6	1060,388	-56,782	1717,608	1060,372	-56,782	1717,604	0,016	0	0,004
SP-7	1072,683	-74,391	1717,309	1072,668	-74,476	1717,305	0,015	0,085	0,004
SP-8	1089,08	-75,221	1674,301	1089,07	-75,277	1674,299	0,01	0,056	0,002
SP-9	1101,266	-99,237	1697,686	1101,196	-99,237	1697,662	0,07	0	0,024

Dari pengukuran yang dilakukan dapat diperoleh nilai-nilai pada tiap poin yang diperiksa. Angka toleransi yang diberikan dalam pengukuran *circle point*, yaitu : ± 0,15 mm. Angka toleransi yang diberikan dalam pengukuran *surface point*, yaitu : ± 0,20 mm.

Perhitungan *accuracy circle point* :

$$accuracy(\%) = \frac{20}{20} \times 100 = 100\%$$

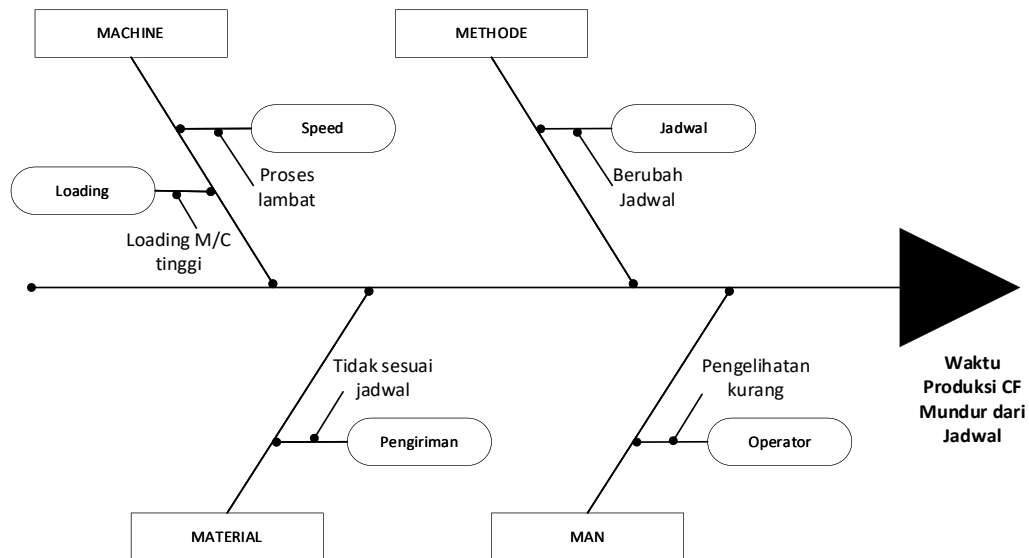
Perhitungan *accuracy surface point* :

$$accuracy(\%) = \frac{27}{27} \times 100 = 100\%$$

Nilai *point check (circle 1-5)* yang diperoleh seluruhnya di bawah angka toleransi. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi pada *circle point* sebesar 100%. Sehingga pada hasil pengukuran *circle point* dapat dinyatakan “OK”. Nilai *point check (SP 1-9)* yang diperoleh seluruhnya di bawah angka toleransi. Hasil pengukuran menunjukkan tingkat akurasi pada *surface point* sebesar 100%. Sehingga pada hasil pengukuran *surface point* dapat dinyatakan “OK”.

Analisis Masalah Proses Produksi

Elemen penyebab utama secara utuh terhadap persoalan memakai metode *4 M* [10] dimana umum dipakai di bidang usaha industri manufaktur, hanya saja pernyataan permasalahan yang berbeda terletak pada kepala ikan. **Gambar 5** di bawah ini menunjukkan skema diagram tulang ikan dengan beberapa faktor penyebab gangguan.



Gambar 5. Waktu produksi checking fixture mundur dari jadwal

Lama Waktu Proses Manufaktur

Uji pengambilan waktu pada tiap proses pengerjaan dilakukan untuk mendapatkan rerata nilai waktu [11] dalam proses pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube*. Tabel 4 di bawah ini merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan pada tahapan proses pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube* dengan waktu total = 65404 detik = 18,17 jam.

Tabel 4. Waktu Proses Pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube*

DATA CYCLE TIME PROSES

PART : CHECKING FIXTURE BRACKET BRAKE TUBE

NO	PROSES	BASIC PROSES	CYCLE TIME	M/P	CYCLE TIME					RATA-RATA
					1	2	3	4	5	
1	MAT'L INPUT	Ambil material di rak	35"		105	120	115	120	110	114
		Delivery	50"							
		Letakkan material di layout	20"							
2	DESAIN	CAD	28800"		46800	47000	46900	47200	47100	47000
		CAM	18000"							
3	PEMESINAN	Pemesinan 1 Boring	747"		7000	7300	7200	7050	7100	7130
		Pemesinan 1 Tapping	631"							
		Sub Assy	780"							
		Pemesinan 2 Roughing Profile	1473"							
		Pemesinan 2 Roughing Surface	2009"							
		Pemesinan 2 Finishing Surface	699"							
		Pemesinan 2 Finishing Profile	661"							
4	FINISHING	Finishing	480"		1800	1900	2200	2000	1850	1950
		Coating	600"							
		Aksesoris	720"							
5	QC	FARO Inspection	9000"		9000	9250	9500	9100	9200	9210
TOTAL										65404 detik 18,17 jam

Note: Pada masing-masing proses pemesinan ditambahkan waktu *Setting & Handling* Rata-rata 600"

Analisis Ekonomi

Pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube* ini perlu diketahui estimasi biayanya, agar dapat dianalisis kelayakan apakah alat ini dapat memberikan manfaat dari segi ekonomi.

Pada penelitian ini spesifikasi mesin yang digunakan, yaitu Mesin CNC 3 Axis Okuma 34,5 kW 220/480 V 3 phase, kompresor Hitachi 22 kW 380 V 3 phase. Tarif dasar listrik (TDL) golongan I-3/TM daya di atas 200 kVA, Rp. 1.114,74 per kWh. Mesin dan peralatan yang digunakan telah melewati tenor pembayaran sebagai acuan biaya depresiasi mesin.

Tabel 5. Perkiraan Biaya Pembuatan *Checking Fixture Bracket Brake Tube*

ESTIMASI BIAYA

Nama Barang : CHECKING FIXTURE BRACKET BRAKE TUBE

I. BIAYA PEMBELIAN				II. BIAYA PEMROSESAN			
Elemen Biaya	Unit	Harag/unit	Total Harga	Elemen Biaya	Unit	Harag/unit	Total Harga
MATERIAL/BAHAN				Desain (H)	8	200000	1600000
Material Al 7075 (cm ²)	625	832	520000	Membuat NC Data (H)	5	200000	1000000
Material PU Epoxy Block (cm ²)	130	5770	750100	Pemesinan Bor (H)	0,207	240000	49680
Pin slot (pcs)	3	450000	1350000	Pemesinan <i>Tapping</i> (H)	0,257	240000	61680
Rubber pad h30 (pcs)	4	224000	896000	Pemesinan <i>Rough Profile</i> (H)	0,407	240000	97680
Name plate (cm ²)	80	700	56000	Pemesinan <i>Rough Surface</i> (H)	0,567	240000	136080
Handle (pcs)	2	55000	110000	Pemesinan <i>Finish Profile</i> (H)	0,195	240000	46800
TRANSPORTASI (PP)	1	500000	500000	Pemesinan <i>Finish Surface</i> (H)	0,187	240000	44880
<i>(Sub-total)</i>			4182100	<i>Finishing</i> (H)	0,5	200000	100000
				QC Faro (H)	2,5	180000	450000
				Listrik (kWh)	58,65	1115	65394,75
				Kompresor (kWh)	37,4	1115	41701
				<i>(Sub-total)</i>			3693895,75

Biaya Pembelian

Material/bahan	Rp. 4.182.100	,-
Transportasi	Rp. 500.000	,-
<i>Sub-total</i>	Rp. 4.682.100	,-

Biaya Pemrosesan

Pengerjaan	Rp. 3.693.895,75	,-
<i>Profit 20%</i>	Rp. 738.779,15	,-
<i>Sub-total</i>	Rp. 4.432.674,9	,-
Estimasi Biaya / 1 set CF	Rp. 9.114.774,9	,-
Total Estimasi Biaya	Rp. 9.114.774,9	,-

Umur ekonomis alat (CF) = 5 tahun

Retensi = 5%

PPN = 11%

Depresiasi alat (CF) = $(9.114.774,9 + 1.002.625) - (500.000 + 455.738,745) / 60$
= Rp. 152.694,35,-/bulan

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan maka, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil Inspeksi yang dilakukan untuk akurasi dan pemeriksaan *Checking Fixture Bracket Brake Tube* menggunakan *Faro Portable Measurement Arm* memperoleh nilai akurasi = 100%, dengan nilai pada tiap poin pengukuran berada di bawah angka toleransi, yaitu $\pm 0,15$ mm untuk *circle point* dan $\pm 0,20$ mm untuk *surface point*, sehingga hasil akurasi dinyatakan “OK”
2. Hasil analisis penyebab masalah waktu produksi CF mundur dari jadwal karena faktor dinamis yang terdapat pada item *MAN* pada diagram *fishbone*, dimana operator mengalami kendala fleksibilitas karena kondisi yang kurang pencahayaan. Dengan adanya peningkatan kualitas pencahayaan di tempat operator bekerja akan memberikan pengelihatn yang lebih jelas sehingga operator dapat bekerja dengan lebih fleksibel, cepat dan teliti.
3. Proses Manufaktur *Checking Fixture Bracket Brake Tube* memerlukan total waktu = 65404 detik = 18,17 jam.

Pertimbangan total biaya yang dibutuhkan dalam pabrikasi *Checking Fixture Bracket Brake Tube*, yaitu sebesar : Rp. 9.114.774,9,-

REFERENSI

(Contoh: jurnal artikel, Prosiding, buku, skripsi/tesis/desertasi)

1. iDEAL Tech, *The Importance of Check Fixtures in Automotive and Aerospace Development - IdealTech*. iDEAL Technology Corporation, 2021. <https://idealtech.us/the-importance-of-check-fixtures-in-automotive-and-aerospace-development/> (accessed Oct. 24, 2022).
2. B. W. Momang dan N. M. Z. N. Mohamed, *Design of CF for Automotive Body Parts Based on Artificial Intelligent*. 8th MUCET Melaka, 2014. p. 10–11.
3. D. Santosh, K. Manoj, B. Arjun, G. Akash, and A. Sanket, *Design and Detailing of Inspection Fixture*. JETIR, 2019. **6(2)**
4. FARO, *Understanding Portable Measurement Arms*. FARO Technologies, Inc, 2022. <https://www.faro.com/en/Resource-Library/Article/understanding-portable-measurement-arms> (accessed Oct. 24, 2022).
5. A. D. Hantoro, *Perancangan Dan Pembuatan Check Fixture Bracket Spring Di Pt. Gemala Kempa Daya Jakarta*.
6. Y. Harada Sinurat, Marno, dan Santosa, *Mempelajari Proses Produksi Checking Fixture (CF) Panel Unit Dengan Studi Kasus di PT. Fadira Teknik*. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 2022. **8(3)**: p. 178–183
7. S. Balpande dkk, *Design of Inspection Fixture for Product with Slider Mechanism*. International Journal of Innovative Research in Science, 2018. **7(8)**
8. W. P. Syam, *Metrologi Manufaktur Pengukuran Geometri dan Analisis Ketidakpastian*, (2017).
9. S. Hammad Mian dan A. Al-Ahmari, *New developments in coordinate measuring machines for manufacturing industries*. International Journal of Metrology and Quality Engineering, 2014. **5(1)**: p.1–10
10. J. Heizer dkk, *Operations management : sustainability and supply chain management*, 13th ed. (2020).
11. G. Boothroyd dkk, *Product Design for Manufacture and Assembly*, 3rd ed, CRC Press. (2011).