

Perancangan dan Pengembangan Fixture Clamp Adjustable pada Wire Cut EDM untuk Optimalisasi Kinerja Mesin.

Muhammad Zidan Alfariid

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin

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

E-mail: zidanfarid2406@gmail.com

Abstrak

Dalam proses pengecaman benda kerja yang memiliki bentuk berfatiatif pada mesin *Wire Cut EDM*, diperlukan alat bantu yang mampu menjaga kestabilan dan kepresisian. *Fixture* konvensional bawaan mesin biasanya menggunakan dua baut (perekat dan pengganjal), sehingga proses setup cukup memakan waktu dan berisiko merusak batang perekatan (*worktable*) mesin. Penelitian ini merancang dan mengembangkan fixture clamp adjustable dengan mekanisme rel pemandu H. Desain ini memungkinkan benda kerja dijepit hanya dengan satu baut pengunci, sementara penyangga belakang berbentuk rel pemandu dapat naik turun menyesuaikan ukuran tanpa baut tambahan, sehingga lebih efisien dan aman. Pengujian difokuskan pada salah satu clamp khusus untuk benda kerja berbentuk lingkaran yang membutuhkan proses dial, dengan tiga variasi benda kerja yang memiliki radius 3.569 inci (besar), 2.5 inci (sedang), dan 1.750 inci (kecil). Kepala fixture di-adjust untuk tiap variasi, lalu dibandingkan kepresisian tanpa dial, waktu setup, serta output yang dihasilkan. Walau fokus penelitian pada satu clamp, desain ini tetap fleksibel untuk benda kerja universal maupun silinder, cukup dengan menyesuaikan jenis clamp yang sesuai. Hasil menunjukkan fixture dapat mempercepat waktu *setup* hingga 88.9%, menjaga kepresisian, meningkatkan produktivitas hingga 37.5%, hingga memberi proteksi tambahan pada *worktable* mesin. Kesimpulannya, desain clamp adjustable dengan rel pemandu H terbukti efektif sebagai solusi praktis bagi industri manufaktur modern.

Kata Kunci: Perancangan, Fixture Clamp Adjustable, Wire Cut EDM, Rel Pemandu H.

Abstract

In the process of clamping workpieces with various shapes on Wire Cut EDM machines, auxiliary tools are required to maintain stability and precision. Conventional machine fixtures typically use two bolts (a main clamp and a wedge bolt), which makes setup time-consuming and poses a risk of damaging the clamping bar (worktable). This study designs and develops an adjustable clamp fixture with a H-slot guiding mechanism. The design allows the workpiece to be clamped with only one locking bolt, while the rear support in the form of a guiding slot can move up and down to adjust the size without additional bolts, making the process more efficient and safer. Testing focused on a specific clamp for circular workpieces requiring dial adjustment, with three radius variations: 3.569 inches (large), 2.5 inches (medium), and 1.750 inches (small). The fixture head was adjusted for each variation, then compared in terms of precision without dial, setup time, and output produced. Although the study focused on one clamp type, the design remains flexible for universal and cylindrical workpieces, simply by adjusting the clamp configuration. The results show that the fixture can speed up setup time by up to 88.9%, maintain precision, boost productivity by up to 37.5%, and even provide extra protection for the machine's worktable. In conclusion, the adjustable clamp design with H guide rails has proven to be an effective practical solution for modern manufacturing industries.

Keywords: Design, Adjustable Clamp Fixture, Wire Cut EDM, H-Slot Guide.

1. Pendahuluan

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi suku cadang permesinan, dengan berbagai jenis suku cadang sesuai kebutuhan industri. Proses produksi memakai beberapa mesin baik konvensional maupun nonkonvensional, salah satu mesin yang cukup sering dipakai di PT. XYZ adalah mesin EDM *Wire Cut*.

Di PT. XYZ, mesin *wirecut* termasuk salah satu mesin yang cukup krusial karena sering digunakan. Beberapa benda kerja yang sulit dipotong oleh mesin *CNC*, karena dikhawatirkan akan menabrak *Jaws CNC*, harus dialihkan ke proses pemotongan menggunakan *wirecut*. Namun, Proses pemotongan menggunakan Wire Cut EDM masih menghadapi sejumlah kendala mendasar. Salah satu permasalahan utama adalah kerusakan pada worktable mesin yang terjadi akibat benda kerja dijepit langsung pada blok penyangga. Ketika proses pemotongan berlangsung, kawat EDM tidak hanya memotong benda kerja, tetapi juga mengenai blok penyangga sehingga menimbulkan kerusakan. Hal ini berdampak pada waktu henti mesin karena menunggu pengiriman suku cadang baru, berkurangnya umur pakai mesin serta meningkatnya biaya perawatan.[1]



Gambar 1.1 Kerusakan Worktable/Bar Support akibat *Overcutpath*

Selain itu, setup benda kerja berlangsung lama dan kurang efisien. Operator harus menggunakan dial indicator untuk memastikan kelurusan benda kerja sebelum pemotongan. Proses ini membutuhkan ketelitian tinggi, namun memakan waktu yang cukup lama dan menambah beban kerja machinist.[2] Kendala lain terdapat pada clamp bawaan mesin EDM yang menggunakan dua baut panjang sebagai media penjepitan, yaitu satu di bagian depan dan satu di bagian belakang. Sistem ini membuat proses setup semakin lama karena operator harus mengencangkan kedua baut secara bergantian. Penyesuaian benda kerja pun menjadi terbatas, sehingga fleksibilitas dalam pemotongan berkurang.[3]

Kondisi tersebut menimbulkan kebutuhan akan fixture baru yang mampu mengatasi permasalahan di atas. Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pengembangan fixture inovatif dengan clamp adjustable yang dilengkapi mekanisme rel pemandu T. Dengan desain ini, benda kerja dapat dijepit hanya dengan satu baut pengunci, sementara penyangga belakang dibuat dalam bentuk rel pemandu yang dapat naik turun menyesuaikan ukuran benda kerja tanpa memerlukan baut tambahan.

Selain itu, untuk jenis benda kerja stretch segment, dikembangkan pula clamp khusus dengan gigi datum yang pas dengan slot pada benda kerja. Dengan adanya sistem ini, kelurusan benda kerja dapat terjamin secara otomatis tanpa perlu menggunakan dial indicator. Inovasi ini diharapkan mampu memberikan efisiensi waktu setup, meningkatkan presisi pemotongan, memperbaiki produktivitas harian, serta melindungi worktable mesin dari kerusakan akibat dijadikan media penjepitan langsung.[4]

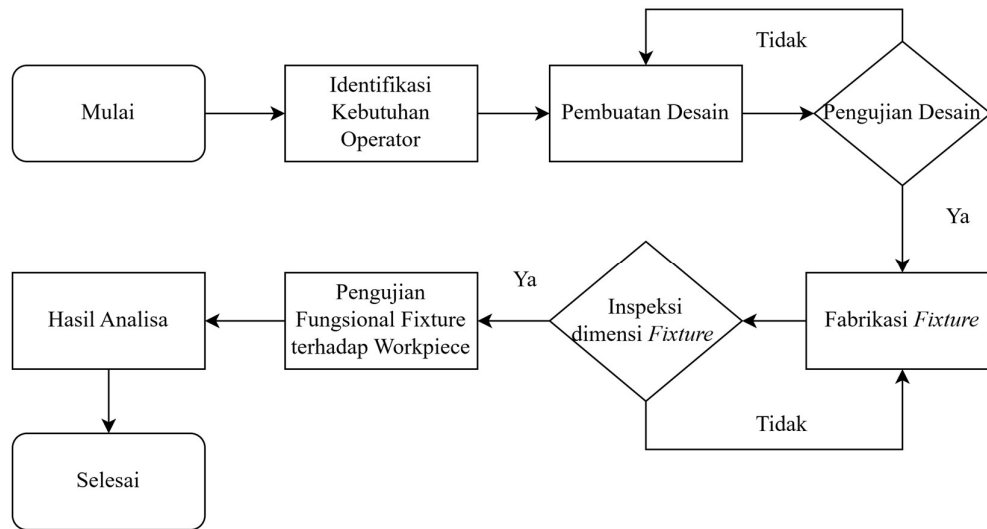
Penelitian ini ditujukan untuk merancang serta mengembangkan fixture baru dengan sistem clamp adjustable pada mesin Wire Cut EDM, yang difokuskan untuk mengatasi kelemahan metode penjepitan konvensional. Inovasi ini diharapkan mampu mempercepat proses persiapan dengan mengganti mekanisme dua baut panjang menjadi satu baut pengunci yang lebih praktis, serta menambahkan rel pemandu berbentuk T sebagai penyangga belakang yang dapat disesuaikan dengan dimensi benda kerja. Selain itu, penelitian ini juga menekankan peningkatan presisi pemotongan melalui penerapan slot datum khusus pada clamp stretch segment, sehingga kelurusan benda kerja dapat tercapai secara otomatis tanpa bantuan dial indicator. Dengan adanya sistem tersebut, proses setup menjadi lebih singkat, akurat, dan lebih mudah digunakan

oleh operator. Fixture yang dihasilkan difungsikan untuk dapat meningkatkan produktivitas harian secara signifikan dengan mengurangi waktu persiapan, menyederhanakan langkah kerja, serta menekan kemungkinan terjadinya kesalahan penyetelan. Lebih jauh lagi, desain ini juga berfungsi melindungi worktable mesin dari kerusakan akibat dijadikan media penjepitan langsung, sehingga umur pakai mesin lebih panjang dan biaya perawatan dapat diminimalkan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan sistem fixture yang efisien, presisi, ergonomis, dan aman, serta memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas proses pemotongan menggunakan Wire Cut EDM.[5]

Penelitian ini dibatasi pada penggunaan mesin Wire Cut EDM jenis *medium speed* yang memiliki batang atau bar support dengan kapasitas meja kerja 320×400 mm dan maksimal beban 50 kg, untuk metode clamp pada benda kerja yang dipotong di workshop menggunakan *wirecut*. Jenis benda kerja utama adalah stretch segment dengan slot dan silinder, serta beberapa variasi standar untuk uji coba clamp adjustable. Analisis difokuskan pada aspek efisiensi waktu setup, presisi pemotongan, produktivitas harian, dan proteksi worktable mesin. Material fixture dibatasi pada baja tool steel untuk kekuatan dan ketahanan.[6]

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode ekperimental guna mendapatkan data dan informasi kebutuhan Operator dan tooling untuk memudahkan dalam proses fabrikasi menggunakan EDM *wirecut* dalam pemotongan Segmen Pencekam. Ekperimenet ini memuat design *fixture* dan *clamp*, analisa permasalahan yang mungkin terjadi, dan uji coba tooling, serta pengumpulan data hasil ekperiment, Adapun diagram alir dalam proses ini dapat dilihat di gambar.



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

2.1 Identifikasi Kebutuhan Operator

Berdasarkan penelusuran terhadap kebutuhan Operator yang menggunakan mesin *wirecut* untuk pemotongan, didapati bahwa tidak adanya fixture yang sesuai untuk pemakanan Segmen Pencekam sehingga *worktable* mesin yang dijadikan bagian pencekaman ikut kepotong bersamaan dengan benda kerja, keharusan untuk penggunaan dial yang terus menerus menjadi masalah utama dalam kelancaran dan keefesiensian waktu, pada Segmen Pencekam berdiameter kecil, slot yang dijadikan sebagai datum pencekaman banyak tertutup oleh ring yang di *assembly* pada benda kerja sehingga alur untuk mendeksi kelurusan menggunakan dial menjadi sangat terhambat. Untuk material berbentuk silinder pencekaman dengan menggunakan calmp rata seringkali menjadi persoalan karena kurang stabil dalam pencekaman yang disebabkan ketidakrataan beban pencekaman.[7]

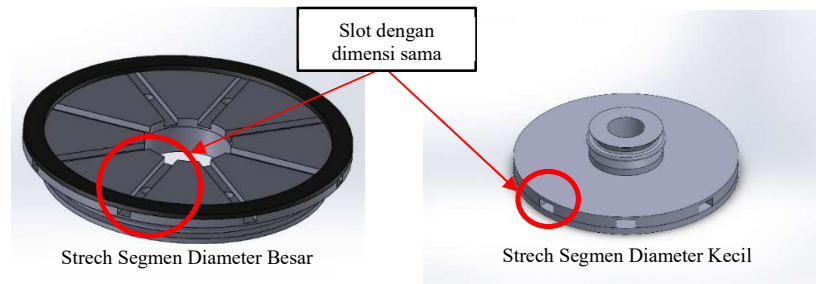
Diluar itu terdapat beberapa hambatan seperti menyesuaikan lebar cekaman terhadap benda kerja dengan media dua baut panjang untuk pengunci dan penyangga yang menghabiskan cukup banyak waktu dalam *set up* dan Disni juga ditemukan permasalahan bahwa Operator cukup repot dalam mengerjakannya karena program mesin yang harus dipantau setiap *step* pemakanan hingga penuh 360 derajat. Oleh karena itu,

diperlukan penambahan *Fixture* yang dapat dikaitkan pada Batang penyangga atau *worktable* untuk mempermudah proses *set-up* dan pemotongan. Operator dan *line leader* juga menyarankan agar membuat *fixture* yang dapat diaplikasikan untuk berbagai diamenetr Segmen Pencekam bahkan beberapa *workpiece* lainnya untuk meningkatkan efisiensi waktu kerja dan kualitas produk yang dihasilkan.

2.2 Pembuatan Desain

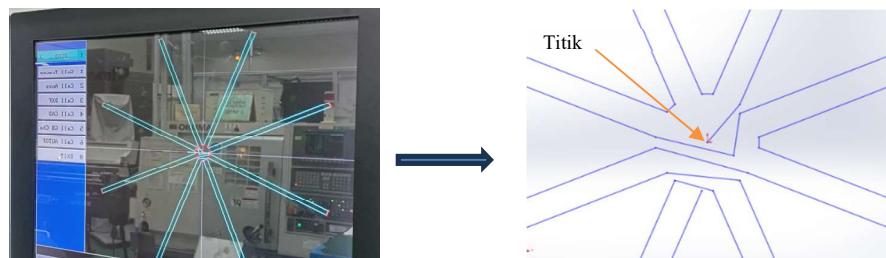
Konsep desain dibuat dengan mempertimbangkan jarak antara benda kerja dan *bar worktable* mesin, dengan membuat konsep agar clamp dapat di sesuaikan dengan mudah pada *workpiece* yang berfariatif mulai dari profile hingga ukuran ketebalan, hal ini diperlukan beberapa clamp sesuai spesifikasi benda kerja

Adapun untuk benda kerja Segmen Pencekam memiliki diameter yang bervariasi, mulai dari yang terkecil hingga terbesar. Oleh karena itu, model gigi tidak dapat digunakan untuk semua ukuran, terutama pada benda kerja yang berdiameter kecil. Namun, semua ukuran memiliki dimensi slot yang sama presisi, sehingga *Fixture* didesain dapat di-*adjust* pada bagian *clamp* sesuai dengan ukuran material.



Gambar 2.2 Benda Kerja Benda Kerja

Pemotongan benda kerja berbentuk seperti potongan *pizza* yang nantinya akan dijadikan *stretch Fixture* guna difungsikan oleh *line production*, dengan bantuan *SolidWorks* sebagai perangkat lunak pembuatan sketsa jalur pemotongan didesain dan diprogramkan agar tidak terjadi perpotongan antar garis, sehingga Operator dapat memonitor proses pemakanan dengan lebih mudah.



Gambar 2.3 Program Pemotongan Untuk Segmen Pencekam

Pemakanan awal menggunakan metode kordinat dari ujung benda yang dijadikan asumsi puncak kurva (tengah benda) yang disentuhkan oleh wire lalu jalankan wire secara manual ke samping benda kerja dengan jarak dari puncak kurva ke jalur pemotongan awal garis, kemudian arahkan wire ke center pusat benda kerja dengan otomatis dari mesin lalu jalankan program cutpath dengan pemotongan seimbang antara sisi kiri dan sisi kanan.

2.3 Fabrikasi Fixture

Proses pembuatan *fixture* meliputi penentuan alat dan bahan, Pembuatan sketsa pda software solidworks dan transfer sketsa ke mesin sebagai program, pemotongan material, proses drill dapa clamp dan body menggunakan mesin CNC Milling, lalu Assembly semua part.

- 2.3.1 Persiapan alat dan bahan pada *Fixture* bisa dilihat pada tabel 1 Material Steel karbon tinggi dipilih sebagai bahan baku *Fixture* karena memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang tinggi sehingga mampu menahan beban selama proses pemotongan pada wirecut. Meskipun lebih mahal, Steel karbon tinggi memberikan umur pakai lebih panjang dan mendukung efisiensi kerja.

Tabel 1: Alat dan Bahan

No	Alat	Bahan
1	Solidworks (Perangkat lunak)	Material Steel Tool maker
2	Mesin Wire Cut dengan wire berukuran 0.18 mm Molibdenum.	2 buah Baut 3/8-16 Hexagon dengan panjang 3 inchi dna 2 inchi
3	Mesin CNC Milling menggunakan Flat endmill Ø12 mm & Tread Mill Ø 6 mm	Nut Hexagon untuk 3/8-16
4	CMM	Sand Paper

- 2.3.2 Material dipilih dengan ketebalan yang serupa atau hampir serupa dengan dimensi Fixture agar memaksimalkan proses.
- 2.3.3 Pemotongan dengan wirecut untuk body disusun dengan pemotongan ketiga jenis clamp
- 2.3.4 Proses *CNC Milling* pada tahap ini meliputi bagian gigi pada clam, lubang ulir pada belakang body dan depan body, dan lubang pada tiap tiap clamp.
- 2.3.5 Penggunaan sand paper untuk kehalusan terutama pada bagian ujung benda akibat burr.

2.4 Pengujian dan pengumpulan data

Tahapan ini bertujuan untuk menguji efektivitas *Tooling* dan Program pemotongan baru dalam proses pemotongan menggunakan *wirecut*. Pengujian dilakukan pada dua *workpiece* yang masing masing menggunakan jenis *clamp* berbeda. Pada *Workpiece* pertama (Segmen Pencekam) pengujian dilakukan sebanyak lima kali dengan pemotongan tiga Segment berukuran berbeda yakni radius 3.569 inchi (paling besar), 2.5 inchi (sedang) dan 1.750 inchi (paling kecil) dengan kepala fixture (*clamp*) yang sudah di adjust untuk membandingkan kepresisian *edge* sebesar 22.5° tanpa *dial*. Sedangkan pada *workpiece* silinder konsep pemotongan tegak memotong menjadi beberapa bagian dan karakteristik yang diambil untuk pengukuran adalah *perpendicular* 90° terhadap dasar tiap tiap *pieces*. Pengujian ini juga bertujuan untuk mengukur efisiensi waktu terhadap produktifitas harian, serta jumlah kerusakan part mesin atau proteksi mesin antara penggunaan *Fixture* dan *cutpath* yang baru. Adapun data yang akan diambil adalah:

- Waktu *pengerjaan dari setup* hingga selesai menggunakan perhitungan jam.
- Dimensi dan Kepresisian *Angle/Edge worpiece* dengan menggunakan alat ukur CMM.
- Jumlah *output* dengan menghitung manual *output* harian
- Jumlah kerusakan worktabel akibat pemotongan.

Jika pada pengujian terdapat hambatan baru dan kegagalan, maka aka dilakukan penambahan tooling atau bahkan perubahan desain.

2.5 Hasil Analisa

Hasil analisa didapat dengan mengukur waktu *set-up* menggunakan Jig yang dibuat. Perbandingan tersebut diukur secara langsung dengan menggunakan *stopwatch* pada proses *set-up* maupun pada proses pemotongan Segmen Pencekam tersebut.

$$Efisiensi Waktu(\%) = \frac{Waktu Lama - Waktu Baru}{Waktu Lama} \times 100$$

produktivitas dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Produktivitas(Pcs/Jam) = \frac{Jumlah Output}{Total Wktu Produksi}$$

Indeks proteksi mesin dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Proteksi(\%) = \frac{K_{lambaru}}{K_{lama}} \times 100\%$$

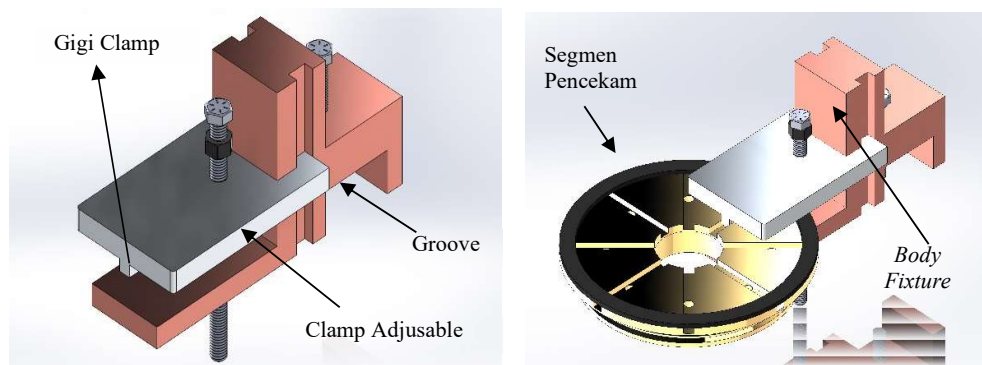
Perhitungan deviasi dan kepresisian hasil pemotongan menggunakan mesin CMM (*Coordinate Measuring*

Machine) yang sudah dikalibrasi oleh operator terkait setiap harinya dan telah melakukan proses verifikasi dengan *Ring Gauge* standar. Untuk menguji kelurusan pengecam terhadap material, dilakukan pengukuran pada sudut sudut yang rawan berubah ketika posisi benda kerja tidak tepat. Pengukuran untuk Stech Segment dilakukan pada sudut pemotongan dengan slot lurus pada masing masing material dimana nominal sudut masing masing potongan adalah 22.5°, sedangkan pada benda kerja berbentuk silinder pengukuran dilakukan dengan mengukur dinding silinder dengan dasar meja mesin CMM atau permukaan benda kerja dimana nominal kelurusan Adalah 90° dengan toleransi yang telah ditetapkan yang kemudian hasil pengukuran akan menjadi acuan efektifitas *fixture*.

3. Analisa dan Pembahasan

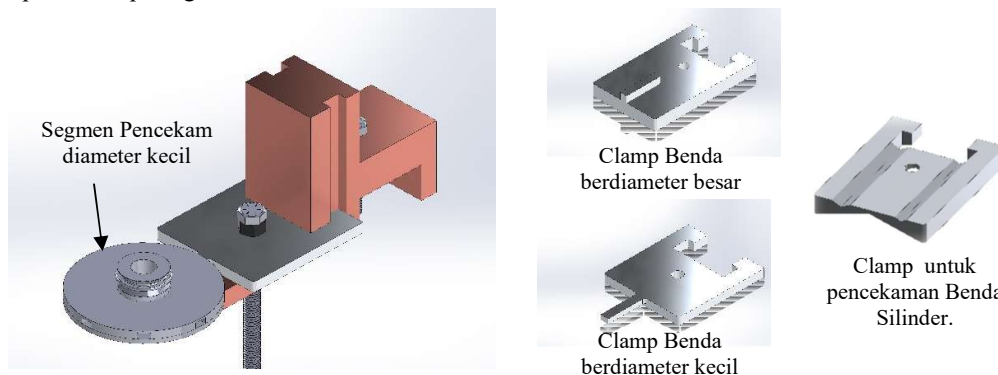
3.1 Desain *Fixture*

Desain dibuat menyesuaikan posisi material agar tidak menumpu pada part mesin, karena model pemotongan yang cukup menyeluruh ke semua sisi material dikhawatirkan pemakanan mengenai part mesin yang menjadi tumpuan. Konsep desain dibuat seperti mencapit satu bagian agar tidak terkena pemotongan wire. *Groove* belakang pada *fixture* didesain fit dengan batang penyangga pada mesin yang lurus dan *fix position*, ini bertujuan untuk memastikan bahwa *fixture* sama lurus dengan batang atau bar mesin yang sudah diuji kelurusan menggunakan dial. Pada bagian alur clamp atau rel didesain seperti huruf H agar menjaga ketegaklurusan clamp yang dipasang serta sebagai jalur untuk clamp dapat diadjust sesuai ketebalan material. Adapun dimensi spesifik pada *fixture* antara lain; Panjang 7.55 Inchi, Lebar 2 Inchi, tinggi 4 inchi, serta tebal calmp dan dasar *fixture* masing masing 0.5 inchi, serta lebar *groove* belakang *fixture* fit dengan bar *worktable* pada mesin. Ilustrasi *Fixture* dapat dilihat pada gambar berikut



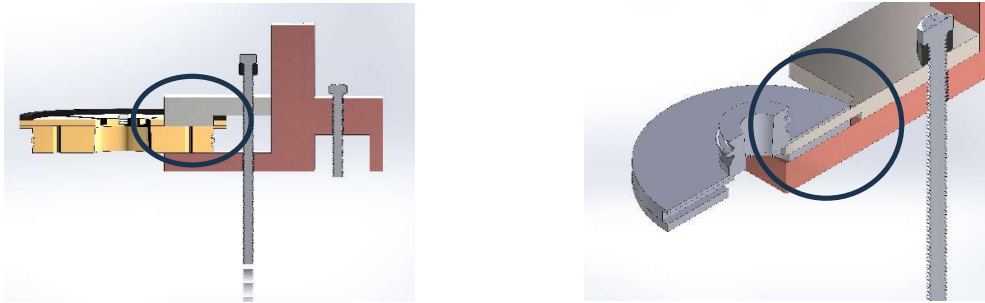
Gambar 3.1 Desain model jaws dan Pengekaman pada benda kerja

Fixture dirancang agar agar clamp dapat dilepas pasang sesuai dengan spesifikasi *profile* benda kerja, terdapat 3 jenis clamp yang dirancang sesuai dengan benda kerja pada perusahaan tempat penelitian diantaranya benda kerja Segmen Pengekam pada gambar 3.1 yang berdiameter paling besar 3.6 inchi dengan lebar parit atau slot 0.302 inchi, dimensi ini sama terhadap semua diameter Segmen Pengekam, Benda kerja silinder dengan maksimal diameter silinder 2.5 inchi dan panjang maksimal 10 inchi sesuai standar internal perusahaan terhadap benda kerja yang *diload* pada mesin *wirecut*. Bentuk dari jenis clamp dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.2 Desain model *Fixture* dan Jenis Clamp Adjustabel

Clamp untuk Segmen Pencekam didesain memiliki satu gigi seukuran dengan slot, gigi (*tongue*) dibuat hampir mendekati ukuran slot pada material untuk kelurusan dan kerataan posisi, ukuran dari gigi clamp nya menggunakan suaian pas terhadap slot sehingga meminimalisir penggunaan dial indicator dalam mendeteksi kerataan posisi, hal ini yang mengakibatkan lamanya proses preparasi dan setting awal sebelum dilakukan pemotongan. Adapun untuk jenis clamp benda silinder didesain dapat mencekam beberapa diameter silinder pada tempat penelitian dengan kemampuan dibolak-balik, sisi depan digunakan untuk diameter besar sedangkan sisi belakang untuk diameter sedang hingga kecil. *workpiece* yang dipotong memiliki diameter 2.8 inci (Besar), 0.5 Inchi (kecil), hingga 0.2 inci (paling kecil) dengan maksimal panjang silinder 6 inci.

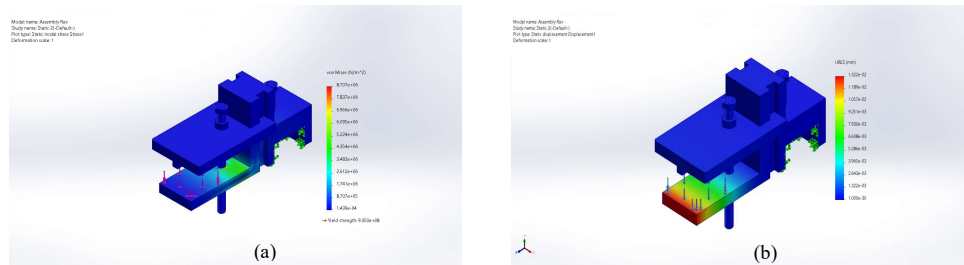


Gambar 3.3 Pegaplikasian gigi clamp pada slot Segmen Pencekam

Inspeksi pada Body fixture didasari dari suainya pass terhadap rekatan batang mesin yang mana lebar batang tempat untuk merekatkan fixture memiliki dimensi 1.9 inci, sehingga dimensi slot belakang fixture setidaknya 1.907 inci dengan toleransi ± 0.002 inci, suaian dan toleransi yang sama juga berlaku bagi bagian belakang masing masing clamp dan gigi pada clamp stech segment agar tetap terpasang rapat namun tidak terlalu sulit untuk dilepas. Berikut data inspeksi dari bagian sambungan.

3.2 Pengujian Desain

Pengujian juga dilakukan menggunakan FEA (*Finite Element Analysis*) di *SolidWorks* untuk dilakukan analisa *stress* dan *displacement*.



Gambar 3.4 Simulasi Stress pada Fixture (a), Simulasi Displacement pada Fixture (b)

Berdasarkan Gambar 3.4 (a) dapat dilihat bahwa warna reaksi tidak terlalu signifikan karena masih dalam kategori hijau dan biru. Beban tekan diberikan pada fixture sebesar 100 N pada sebagian area yang menopang benda kerja sebagai beban kasaran untuk menguji kekuatan. Nilai tegangan maksimal dari hasil pengujian adalah 8.70×10^{-6} N/m². Nilai ini masih di bawah nilai yield strength dari material yaitu sebesar 935×10^{-6} N/m². Oleh karena itu, pembebanan pada alat masih dalam kategori pembebanan elastis.

Adapun pada gambar 3.4 (b) maximum displacement adalah 1.322×10^{-2} atau jika dikonversikan ke inci tanpa notasi ilmiah nilai maksimum pergerakan hanya 0.01322 inci, bagian ini mengalami pergeseran paling besar ditunjukkan dengan warna merah pada plot, nilai maksimum displacement menandakan bahwa design kaku dan tidak mengalami deformasi signifikan.

Beban kerja maksimal yang di potong di mesin adalah Segmen Pencekam diameter besar dengan massa 7.4 pounds serta massa 1 set fixture adalah 7.6 pounds, sehingga total beban maksimal pada mesin pada tempat penelitian adalah 15 pounds atau 6.8 kg yang artinya masih sangat aman untuk maksimal kapasitas beban mesin.

3.3 Inspeksi Dimensi Fixture

Hasil inspeksi dimensi diukur menggunakan mesin CMM untuk keselarasan Assembly pada setiap part, beberapa hasil inspeksi profile dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2: Inspeksi Dimensi Fixture

Profile		Actual	Nominal	Deviation	Max	Result
Slot Belakang fixture		1.9063	1.9	0.0063	0.007	Pass
Slot Clamp (Female)	ANGLE	90.02°	90°	0.02	0.5	Pass
	LEGHT	1.0056	1	0.0056	0.007	Pass
	WIDHT	1.1067	1.1	0.0067	0.007	Pass
Gigi Clamp diameter besar		0.3016	0.302	-0.0004	-0.002	Pass
Gigi clamp diameter kecil		0.3018	0.302	-0.0002	-0.002	Pass

Clamp diambil pengukuran 1 sample karena difabrikasi dengan metode *Stack cutting* yaitu benda kerja disusun bertumpuk (2–10 lapis) dan dijepit bersama di meja mesin. Pada Clamp benda silinder cukup mengukur dan memastikan agar puncak v clamp tidak sama besar atau lebih besar dari diameter benda kerja. Hasil Inspeksi menunjukkan bahwa keseluruhan part sesuai dengan spek dimensi kerja sehingga dapat diassembli dengan tepat, toleransi Max pada gambar kerja merujuk pada standar DIN 6885.

3.4 Pengujian Fungsional Fixture dan Hasil Analisa

Percobaan pertama dengan merekatkan fixture pada bar worktable mesin, dilakukan dengan beberapa kali pasang lepas pada operator yang berbeda, ini menunjukkan kemudahan dalam pengaplikasian dan keefisienan dalam set up benda kerja tanpa penggunaan dial indicator dengan kata lain hanya dengan pemasangan pada mesin, dan pengecaman benda kerja dengan disesainkan jenis clamp nya. Data set up dari pemasangan hingga pengecaman dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3: Pengukuran waktu set up

Shift Kerja	Author	Tanpa Fixture	Memakai Fixture	Deviasi Peningkatan
Pagi	Operator 1	13:21	01:39	11:42
	Operator 2	09:56	00:54	09:02
	Operator 3	11:06	00:58	10:08
	Operator 4	06:34	01:02	05:32
Malam	Operator 5	10:12	00:57	09:15
	Operator 6	08:24	01:13	07:11
	Operator 7	09:58	01:00	08:58
Rata-rata		09:56	01:06	08:50
Persentase Peningkatan		88.90%		

Pengecaman menggunakan *fixture* baru yang tidak memerlukan proses dial pada benda yang dicekam sehingga rata rata peningkatan efisiensi pada proses set up termasuk pengecaman metrial adalah 88.9% dari menghitung rata rata pemakaian dial yaitu 9 menit 56 detik dan tanpa dial yaitu 1 menit 6 detik, akumulasi efisiensi dihitung berdasarkan rumus yang sudah diterterakan pada metodologi. Peningkatan dari waktu setup ini serta pemakaian program cut path yang lebih maksimal memberikan dampak yang signifikan untuk produktifitas harian sampai 37.5% dari produktifitas sebelum ada fixture, berikut data detail peningkatan:

Tabel 4: Produktifitas harian

Benda Kerja	Waktu produksi (Non Over Time)	Tanpa Fixture		Menggunakan Fixture		Peningkatan Produktifitas Total Output/Jam
		Jumlah output	Produktivitas output/jam	Jumlah output	Produktivitas output/jam	
Streech Segment Kecil	9 Jam	8 Pcs	0.89	12 Pcs	1.33	0.44
Streech Segment Sedang	9 Jam	7 Pcs	0.78	10 Pcs	1.11	0.33
Streech Segment Besar	9 Jam	5 Pcs	0.56	8 Pcs	0.89	0.33
Silinder	9 Jam	20 Pcs	2.22	25 Pcs	2.78	0.56
Rata-rata Produktivitas			1.11		1.53	
Persentase Peningkatan (%)			37.50%			

Peningkatan Produktifitas untuk keefisiensian waktu produksi juga menjadi pertanyaan terhadap dimensi benda kerja ketika memakai fixture ditambah lagi tanpa pemakaian dial yang berulang tiap memuat barnag ke mesin. Hal ini dapat diperkuat dengan adanya data pengukuran menggunakan CMM terkalibrasi terhadap hasil potong benda kerja, berikut data hasil pengukuran:

Tabel 6: Data pengukuran Stech Segment Diameter besar (1), Data Pengukuran Diameter Sedang (2)

Sample	Actual	Nominal	Tol ±	Deviation	Status	Sample	Actual	Nominal	Tol ±	Deviation	Status
1	22.563	22.5	0.5	0.063	PASS	1	22.772	22.5	0.5	0.272	PASS
2	22.529	22.5	0.5	0.029	PASS	2	22.878	22.5	0.5	0.378	PASS
3	22.455	22.5	0.5	0.045	PASS	3	22.713	22.5	0.5	0.213	PASS
4	22.474	22.5	0.5	0.026	PASS	4	22.637	22.5	0.5	0.137	PASS
5	22.539	22.5	0.5	0.039	PASS	5	22.693	22.5	0.5	0.193	PASS
6	22.501	22.5	0.5	0.001	PASS	6	22.519	22.5	0.5	0.019	PASS
7	22.498	22.5	0.5	0.002	PASS	7	22.831	22.5	0.5	0.331	PASS
8	22.482	22.5	0.5	0.018	PASS	8	22.687	22.5	0.5	0.187	PASS

(1)

(2)

Tabel 6: Pengukuran Segmen Pencekam Dimeter Kecil (3), Pengukuran Silinder

Sample	Actual	Nominal	Tol ±	Deviation	Status	Sample	Actual (°)	Nominal(°)	Tol ±	Deviation	Status
1	22.533	22.5	0.5	0.033	PASS	Ø 2.8 inchi (Besar)	89.616	90	0.5	0.384	PASS
2	22.514	22.5	0.5	0.014	PASS		89.518	90	0.5	0.482	PASS
3	22.521	22.5	0.5	0.021	PASS		89.682	90	0.5	0.318	PASS
4	22.512	22.5	0.5	0.012	PASS	Ø 0.5 inchi (Sedang)	89.524	90	0.5	0.476	PASS
5	22.497	22.5	0.5	0.003	PASS		89.663	90	0.5	0.337	PASS
6	22.519	22.5	0.5	0.019	PASS		89.61	90	0.5	0.39	PASS
7	22.498	22.5	0.5	0.002	PASS	Ø 0.2 inchi (Kecil)	89.621	90	0.5	0.379	PASS
8	22.511	22.5	0.5	0.011	PASS		89.511	90	0.5	0.489	PASS
							89.716	90	0.5	0.284	PASS

(3)

(4)

Tabel diatas menunjukkan pengukuran hasil pemotongan degan metode baru menggunakan fixture yang tak hanya meningkatkan efisiensi waktu produksi, namun jug mampu mempertahankan kualitas dimensi sesuai degan ketentuan gambar teknik. Pengukuran Segmen Pencekam degan cuthpath seperti potongan pizza dan benda kerja silinder dengan memotong menjadi bagian yang lebih pendek, hasil pemotongan Stech Segment dan profile yang diukur guna menguji kelurusan pencekaman seperti pada gambar dibawah.



Gambar 3.5 Hasil Potong Segmen Pencekam

Fixture baru degan konsep pencekaman tidak bertumpu pada bar worktable mesin sangat mempengaruhi umur pakai mesin terutama bar worktable mesin karena jarak safety wire ketika pemotongan jauh dari bar, peningkatan bar worktable mesin sangat signifikan sehingga kerusakan worktble pada mesin menjadi nihil atau 100% peningkatan tanpa kerusakan. Data peningkatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7: Jumlah Kerusakan Bar Mesin

Lama masa pemakaian Mesin	Total Kerusakan tanpa <i>Fixture</i>	Total Kerusakan Memakai <i>Fixture</i>	Kondisi Sebelum ada <i>Fixture</i>	Kondisi Setelah ada <i>Fixture</i>
1 Bulan	0.5 Bar	0 Bar		
2 Bulan	1 Bar	0 Bar		
3 Bulan	2 Bar	0 Bar		

4. Kesimpulan

Berdasarkan konsep desain *fixture clamp* adjustable yang telah dibuat dapat disimpulkan bahwa rancangan baru dapat meningkatkan efisiensi waktu set up hingga 88.9% dari sebelum adanya *fixture* sehingga dari peningkatan waktu set up yang sangat signifikan ini sangat berpengaruh pada produktifitas harian hingga mengalami kenaikan 37.5%, selain itu kualitas benda kerja yang dipotong tetap terjaga dengan minim *reject* akibat dimensi yang tidak sesuai dengan gambar kerja, serta yang paling penting ialah bagaimana *fixture* menjadi jawaban akan pencegahan kerusakan akibat *cut path* sehingga usia pakai mesin juga lebih panjang dan meningkatkan *saving cost* perusahaan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa konsep rancangan *fixture clamp* adjustable yang dibuat sangat efektif dan menjadi jawaban dari kendala-kendala yang dialami operator terutama dalam penggunaan mesin *wirecut* EDM, namun proses inspeksi dan kalibrasi kelurusan menggunakan *Dial Indicator* tetap rutin dilakukan sebagai verifikasi kestabilan kelurusan *fixture*.

5. Daftar Pustaka

- [1] D. Tanasković, M. Arandelović, B. Đorđević, and S. Sedmak, "Review: Advantages of Repairing Machine Parts in Order to Restore their Functionality," *Adv. Mater. Res.*, vol. 1172, pp. 45–50, Jun. 2022, doi: 10.4028/p-394qc2.
- [2] D. Oleh and R. Ramdhani, *PENGUKURAN GEOMETRIK MESIN BUBUT GEMINIS-GE 5-650 S TERHADAP KELURUSAN PADA BENDA KERJA DI LABORATORIUM TEKNIK MESIN POLMAN BABEL DENGAN METODE TAGUCHI*.
- [3] Y. Yetri, O. Ganumba, A. A. Zamrud Kurnia, D. Budiman, and J. Junaidi, "Rancang Bangun Welding Fixture Table Untuk Pemotongan Dan Pegelasan Plat," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 14, no. 02, pp. 103–109, Dec. 2022, doi: 10.33504/manutech.v14i02.217.
- [4] A. Armillotta, L. Carrino, G. Moroni, W. Polini, and Q. Semeraro, "An analytical approach to machining deviation due to fixturing," in *Geometric Product Specification and Verification: Integration of Functionality*, P. Bourdet and L. Mathieu, Eds., Dordrecht: Springer Netherlands, 2003, pp. 175–184. doi: 10.1007/978-94-017-1691-8_18.
- [5] N. Ulfah, R. Hakim, and M. Tri Adelitho, "Rancang Bangun Jig & Fixture Untuk Pipe Fitting Steel Concentric Reducer Pada Mesin Bevel Pipa," *J. Poli-Teknol.*, vol. 19, no. 2, pp. 145–150, Nov. 2020, doi: 10.32722/pt.v19i2.2742.
- [6] W. Wijoyo, U. Albab, W. T. Ardika, and M. W. Darajat, "KARAKTERISTIK KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS BAJA KARBON-STAINLESS STEEL," *FLYWHEEL J. Tek. Mesin Untirta*, p. 60, Apr. 2019, doi: 10.36055/fwl.v0i0.5252.
- [7] A. Gusnandiar and B. Yuwono, "Perancangan Inovatif Alat Bantu Marking pada Proses Produksi Coupling Tubing Berdiameter 2 hingga 7 Inch dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Waktu," 2025.