

# APLIKASI METODA VDI 2222 PADA PROSES PERANCANGAN *WELDING FIXTURE* UNTUK SAMBUNGAN CEROBONG DENGAN TEKNOLOGI CAD/CAE

**Asep Indra Komara, Saepudin**

Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung  
Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung – 40135, Phone/Fax: (022)2500241/ 2502649  
Email: asep.indra@polman-bandung.ac.id

## Abstrak

Proses penyambungan (*welding*) cerobong pada industri manufaktur menengah kebawah memiliki kesulitan karena banyaknya variasi ukuran dari cerobong. Target waktu penyelesaian sulit dicapai karena keterbatasan alat bantu (*Fixture*) yang dimilikinya. Maka dari itu, perlu dirancang alat bantu yang dapat meringankan kendala yang terjadi namun dengan biaya yang terjangkau. Perancangan alat bantu ini dilakukan melalui penerapan metode VDI 2222 dengan bantuan teknologi CAD/CAM. Proses perancangan menghasilkan beberapa alternatif rancangan. Rancangan terpilih dimodelkan dan divalidasi dengan menggunakan *software Solidworks*. Parameter yang mempengaruhi fungsi *fixture* diantaranya adalah defleksi, beban puntir dan titik berat. Hasil analisis defleksi dari beban maksimum adalah 2,406 mm, sedangkan beban puntir yang terjadi adalah 119 N atau kurang lebih 12 kg beban yang diterima operator. Titik berat *fixture* berada pada jarak 1492,3 mm dari roda belakang dengan jarak antar roda 1600 mm, sehingga aman dari kemungkinan terjungkal. Selain dari aspek konstruksi, kecepatan merupakan faktor penting yang mempengaruhi proses produksi. Berdasarkan hasil perbandingan dengan alat yang ada di salah satu perusahaan di Bandung, diperoleh estimasi waktu 269 menit lebih cepat untuk proses penyambungan 4 cerobong dengan panjang 1500 mm dan diameter 900 mm. Berdasar pada hasil kajian konstruksi dan analisis, dapat disimpulkan bahwa *welding fixture* bisa digunakan untuk penyambungan cerobong untuk perusahaan manufaktur menengah ke bawah.

**Kata Kunci:** VDI 2222, *welding fixture*, *sambungan cerobong*, *teknologi CAD/CAE*

## Abstract

Welding process of chimney on medium-size manufacturing industries encounters some problems because of the large variations in the size of the chimney. Target of completion time is difficult to achieve due to tool (*Fixture*) limitation. Therefore, it is necessary to design a tool that can reduce the obstacles at an affordable cost. The design of this tool is done through the application of the VDI 2222 method with the help of CAD / CAM technology. Several alternative designs have been produced through the design process. Selected design was modeled and validated using *Solidworks* software. Some of the parameters that affect the function of the *fixture* includes deflection, torsional load and center of gravity. The results of the analysis of deflection at maximum load is 2.406 mm, while the twisting loads that occur is 119 N or approximately equivalent to 12 kg of weight received by the operator. Center of gravity of the *fixture* is 1,492.3 mm from the rear wheels with 1,600 mm wheels distance, so it is safe from the possibility of tumbling. Apart from the aspect of construction, speed is the other important factor affecting the production process. Based on the results from the comparisons with an existing tool used in one company in Bandung, the estimated of the new design has a 269 minute faster for 4 chimney welding process with 1,500 mm long with a diameter of 900 mm. Based on the construction and analysis study, it can be concluded that the *welding fixture* can be used for connecting the chimney, especially small and medium sized manufacturing companies.

**Key Words:** VDI 2222, *welding fixture*, *chimney*, *CAD/CAE technology*

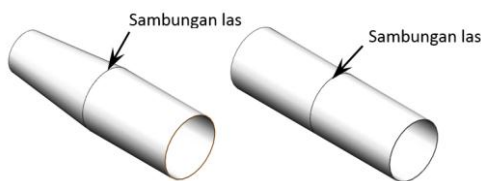
### 1. Pendahuluan

Sebuah industri manufaktur di kota Bandung yang memproduksi pipa atau cerobong dengan variasi bentuk dan ukuran masih belum dapat memenuhi tuntutan yang diharapkan, yaitu mempertahankan kualitas hasil sambungan tanpa memperpanjang waktu pengerjaan. Pipa atau cerobong terbagi dalam beberapa segmen. Masing-masing segmen diikat dengan flens. Satu segmen terdiri atas empat pipa. Proses penyambungan memiliki tuntutan kesatusumbuan (konsentrisitas) sebesar  $\varnothing 3$  untuk tebal 10 mm dan  $\varnothing 2$  untuk tebal 5 mm.

Berikut adalah data pipa atau cerobong yang di produksi :

- Diameter : 600 - 900 mm
- Panjang : 1200 - 1500 mm
- Tebal : 5 - 10 mm
- Ketirusan : maks. 7°
- Jumlah sambungan : maks. 4 cerobong

Bentuk sambungan pipa atau cerobong yang dikerjakan dapat dilihat pada Gambar 1.

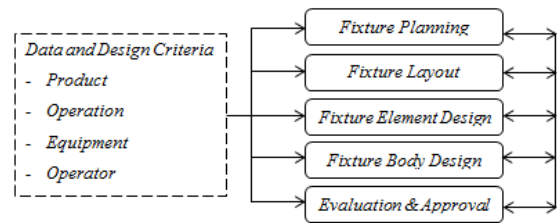


Gambar 1. Variasi bentuk produk pipa

Proses penyambungan dilakukan dengan proses pengelasan. Berdasarkan Gambar 1 *fixture* yang direncanakan harus mampu mengakomodir bentuk tirus dan diameter pipa yang berbeda-beda. *Fixture* yang dirancang memerlukan kajian mekanisme gerak agar dapat mengurangi waktu pelokasian produk dengan kata lain mempercepat proses pelokasian.

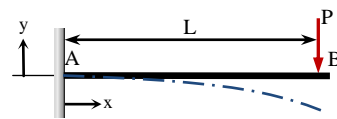
### 2. Tinjauan Pustaka

*Fixture* memiliki beberapa aspek penting yang saling mendukung satu dengan yang lainnya. Pada perencanaan *fixture* terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu [1]:



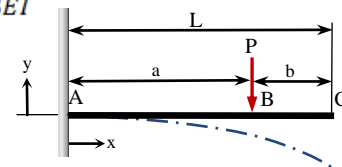
Gambar 2. Beberapa aspek dalam perancangan *fixture*

Salah satu tujuan penggunaan *fixture* adalah untuk meningkatkan keuntungan produksi dengan mempercepat waktu proses pengelasan. Pada proses penyambungan pipa, hal yang harus diperhatikan adalah kesatusumbuan cerobong [2]. Kesatusumbuan dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya adalah defleksi yang terjadi pada *fixture*. Berikut adalah persamaan defleksi [3] yang digunakan untuk beban terkonsentrasi dan beban merata yang terjadi pada *fixture* :



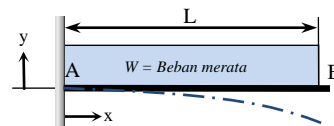
Gambar 3. Defleksi untuk beban diujung batang

$$y_{max} = \frac{-PL^3}{3EI} \tag{1}$$



Gambar 4. Defleksi untuk beban pada jarak tertentu

$$y_{max} = \frac{-Pa^2}{6EI} (3L - a) \tag{2}$$



Gambar 5. Defleksi untuk beban merata

$$y_{max} = \frac{-wL^4}{8EI} \tag{3}$$

Sedangkan untuk menentukan posisi titik berat (pusat massa)  $\bar{X}$  dari seluruh desain dihitung dengan menggunakan persamaan [4] berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum m \cdot \bar{x}}{\sum m} \quad (4)$$

### 3. Proses Perancangan

#### 3.1 Metode

*Fixture* dirancang dengan tujuan memberikan nilai tambah pada proses produksi [5]. Nilai tambah tersebut dapat diperoleh dari aspek kualitas ataupun kecepatan proses, yang keduanya berpengaruh terhadap keuntungan produksi.

Proses perancangan menurut VDI 2222 [6,7] ditunjukkan pada Gambar 6.

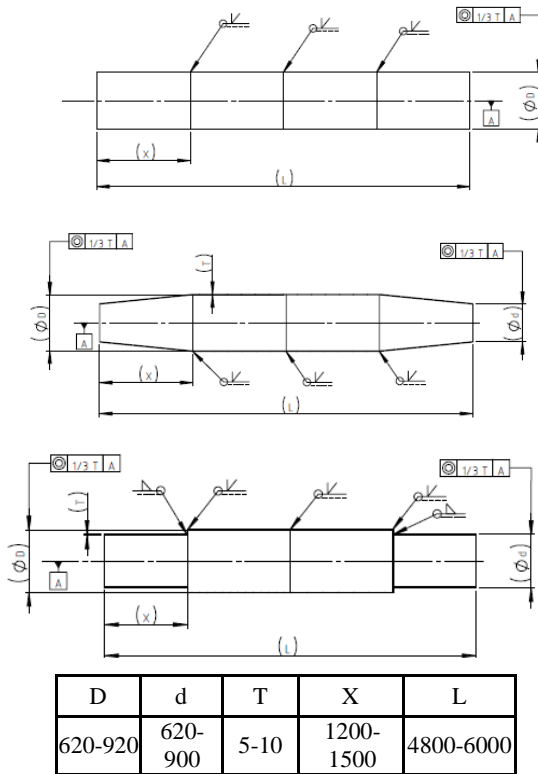
Pada tahap merencana *fixture*, hal terpenting adalah mempelajari produk (cerobong) dari gambar kerja produk atau dari benda cerobong yang sudah dilas. Selanjutnya mengidentifikasi kesulitan dan kendala-kendala pada proses pengelasan termasuk melakukan pengukuran waktu proses eksisting. Langkah selanjutnya menyusun daftar tuntutan, menentukan fungsi keseluruhan, dan fungsi bagian dari *fixture* yang akan dirancang. Setelah diperoleh beberapa alternatif fungsi bagian, tahap berikutnya adalah menentukan variasi konsep dan melakukan penilaian untuk menentukan pilihan. Selanjutnya, konsep desain terpilih dianalisa dan dikontrol kekuatannya dengan bantuan *software solidworks* kemudian dioptimasi. Tahap terakhir adalah menyiapkan dokumentasi teknik dari desain *fixture*. Masing-masing tahap akan dibahas tersendiri.



Gambar 6. Metode Perancangan *Fixture* Cerobong

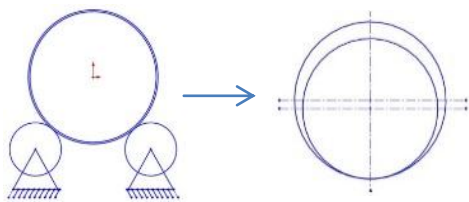
#### 3.2 Tahap Merencana

*Fixture* direncanakan untuk mempercepat proses tanpa mengurangi kualitas hasil produk. Berikut adalah parameter produk dari beberapa variasi produk yang diproduksi di salah satu industri di Bandung, lihat Gambar 7.



Gambar 7. Variasi produk sambungan cerobong

Pada proses sebelumnya, alat bantu yang digunakan adalah duaudukan rotator seperti yang terlihat pada Gambar 8. Perbedaan diameter cerobong menyebabkan ketidaksatusumbuan pada saat penyambungan.



Gambar 8. Konsep desain eksisting

Konsep tersebut dinilai kurang memenuhi tuntutan yang diharapkan perusahaan. Hal yang paling sulit dalam pencapaian produksi menggunakan alat yang ada saat ini adalah pengaturan posisi untuk beberapa variasi produk sehingga berdampak pada waktu proses yang dinilai lambat.

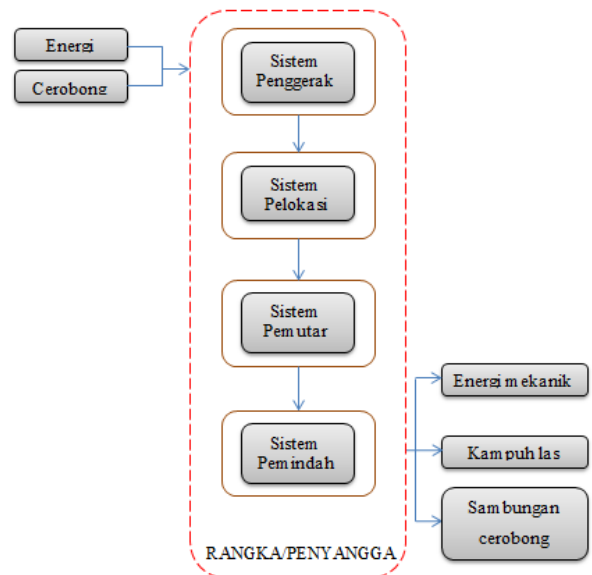
### 3.3 Tahap Mengkonsep

Perancangan *fixture* menyesuaikan dengan tuntutan yang ada, supaya fungsi tercapai dan tidak berlebihan. Tabel 1 merangkum daftar tuntutan untuk produk yang dihasilkan.

Tabel 1. Daftar tuntutan

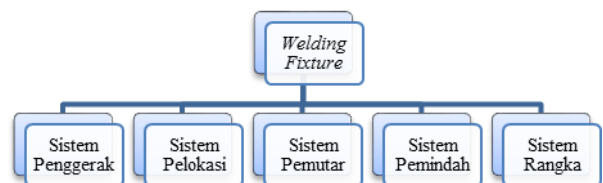
No	Tuntutan	Kuantifikasi
1	Sambungan berada dalam satu sumbu	Toleransi $\leq 1/3$ tebal produk
2	Waktu penyambungan cerobong lebih cepat	35% lebih cepat dari waktu awal

Setelah mengidentifikasi kebutuhan dengan menghasilkan daftar tuntutan, selanjutnya perencanaan *fixture* diklasifikasikan berdasarkan urutan proses yang dideskripsikan melalui *black box* sebagai berikut:

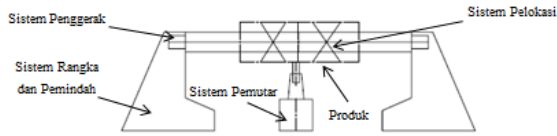


Gambar 9. *Black box* rancangan

Berdasarkan *black box* tersebut, maka dihasilkan beberapa fungsi bagian sebagai berikut:



Gambar 10. Diagram fungsi bagian



Gambar 11. Skema rancangan *fixture*

Fungsi bagian yang telah ditentukan selanjutnya didefinisikan sehingga menghasilkan beberapa alternatif fungsi bagian, lihat tabel 2 berikut:

Tabel 2. Alternatif sistem pelokasi

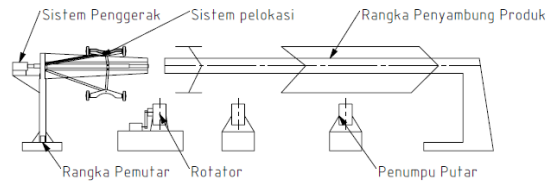
	B1	Alternatif 1	B2	Alternatif 2	B3	Alternatif 3
<b>Kriteria</b>		Mekanisme payung dengan <i>socket</i>		Mekanisme <i>chuck</i> internal		Mekanisme alur-slot
<b>Konstruksi</b>		Merupakan sambungan batang dan pin, sehingga kepresisian pembuatan tidak terlalu tinggi		Hubungan alur spiral dengan roda gigi yang memutar komponen pengecam, beban material > 100 kg		Merupakan sambungan alur slot dengan pin, tingkat kepresisian pembuatan tinggi
<b>Mekanisme</b>		Menggunakan pergerakan ulir, menjadi gerak translasi		Dari rotasi menjadi translasi dari putaran spiral		Menggunakan pergerakan ulir menjadi gerak translasi
<b>Kecepatan</b>		1 putaran / pitch		1 putaran / jarak alur		1 putaran / pitch
<b>Jangkauan</b>		Maksimal setara panjang batang (link)		Sesuai panjang lintasan		Maksimal setara panjang batang (link)
<b>Ekonomis</b>		Biaya <i>raw material</i> dengan biaya manufaktur normal		Biaya <i>raw material</i> + <i>gear</i> dengan biaya manufaktur cukup mahal karena rumit		Biaya <i>raw material</i> dengan biaya manufaktur cukup mahal, karena presisi tinggi

Hal yang sama dilakukan pada fungsi bagian sistem penggerak, sistem pemutar, sistem pemindah dan sistem rangka, masing-masing terdiri dari beberapa alternatif konsep. Selanjutnya setiap alternatif dihubungkan satu sama lainnya dan dinilai hingga menghasilkan 3 alternatif variasi konsep, sebagai berikut;

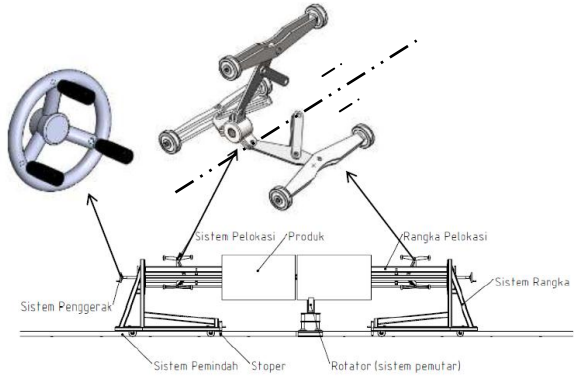
Tabel 3. Alternatif variasi konsep

NO	FUNGSI BAGIAN	ALTERNATIF FUNGSI BAGIAN		
		ALT 1	ALT 2	ALT 3
1	Sistem Penggerak	A1	A2	A3
2	Sistem Pelokasi	B1	B2	B3
3	Sistem Pemindah	C1	C2	C3
5	Sistem Rangka (penyangga)	E1		
	Alternatif Variasi Konsep	AVK 1	AVK 2	AVK 3

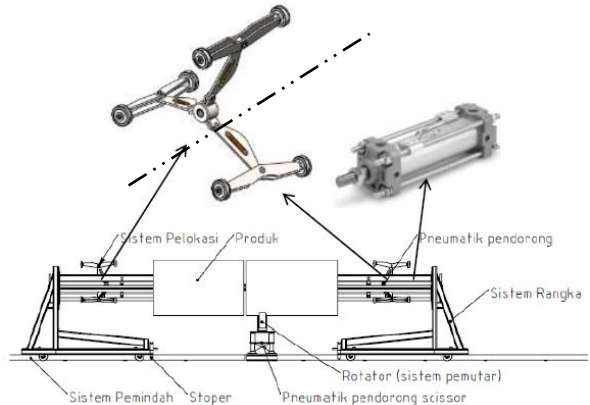
Berikut adalah beberapa alternatif variasi konsep:



Gambar 12. Alternatif variasi konsep 1

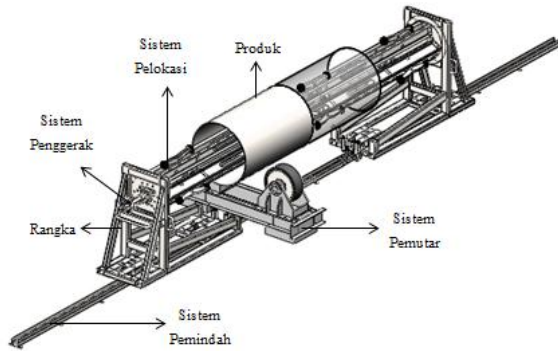


Gambar 13. Alternatif variasi konsep 2



Gambar 14. Alternatif variasi konsep 3

Penilaian alternatif variasi konsep dinilai berdasarkan aspek teknik dan ekonomis [8]. Berdasarkan kedua aspek tersebut dipilih alternatif variasi konsep 2. Desain *fixture* ini terdiri atas tuas sebagai penggerak, mekanisme payung dengan *angle balancer* sebagai pelokasi, dan rel horizontal sebagai pemindah. Secara keseluruhan konsep rancangan *fixture* dapat lihat pada Gambar 15 berikut.



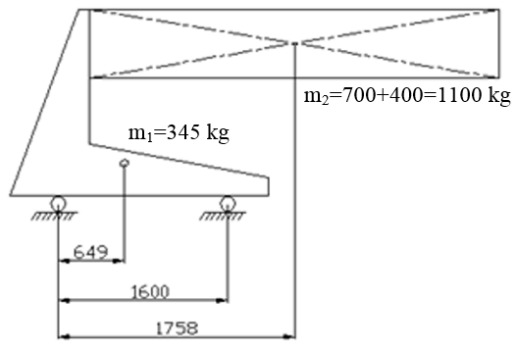
Gambar 15. Draft rancangan welding fixture terpilih

#### 4. Analisis dan Perhitungan

##### 4.1 Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi dilakukan untuk memastikan rancangan yang akan dibuat dapat berfungsi dengan baik.

- Pemeriksaan titik berat terhadap kestabilan rancangan fixture



Gambar 16. Posisi titik berat rancangan fixture

$$\bar{x} = \frac{\sum m \cdot \bar{x}}{\sum m}$$

$$\bar{x} = \frac{649 (345) + 1758 (1100)}{345 + 1100} = 1492,3$$

Berdasarkan hasil tersebut bahwa  $\bar{x} < 1600$ , maka dapat dinyatakan aman dari kemungkinan terjungkal.

- Analisis tegangan dan defleksi yang terjadi pada rangka pelokasi

Analisis dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga pada software rekayasa yang diberi beban total 11 kN.

Tabel 4. Hasil Analisis Elemen Hingga

Parameter	Hasil simulasi	Nilai maks.
Tegangan von mises (772950 nodes, 410665 elements)		88,8 N/mm <sup>2</sup>
Defleksi (772950 nodes, 410665 elements)		1,98 mm

Hasil kedua parameter tersebut dapat dinyatakan aman terhadap batas izinnnya, yaitu tegangan sebesar 156 N/mm<sup>2</sup> dan defleksi 2,5 mm.

##### 4.2 Perbandingan Simulasi Waktu Proses

Berdasarkan tuntutan yang ingin dicapai, maka diperhitungkan waktu sebagai pertimbangan perbaikan alat. Berikut adalah hasil perbandingan waktu proses secara keseluruhan:

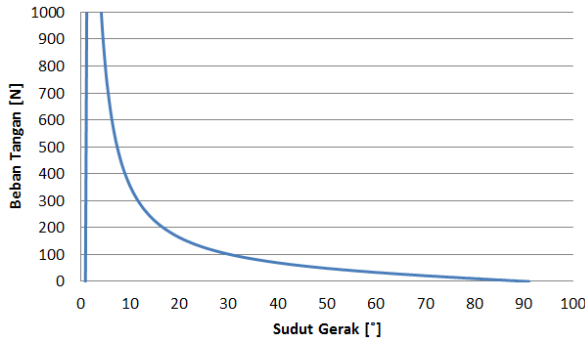
Tabel 5 Perbandingan Waktu Proses

Proses	Eksisting	Desain baru
1. Waktu penyambungan	440 menit	171 menit
2. Waktu pengelasan memanjang*	120 menit	120 menit
3. Waktu pengerolan*	60 menit	60 menit
Waktu total	620 menit	351 menit

Ket : \* prosesnya masih sama

##### 4.3 Analisis Beban dan Kecepatan Gerak Pelokasi

Besarnya beban yang diterima operator akan mengalami perubahan seiring dengan diameter cerobong yang akan dicapai. Berikut adalah kurva perubahan beban terhadap sudut gerak pelokasi.



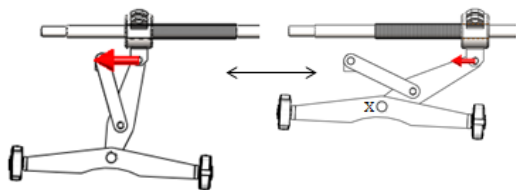
Gambar 17. Perubahan beban tangan terhadap sudut gerak

Kurva tersebut dihasilkan dari perhitungan analisis beban setiap sudut gerakannya. Hal yang mempengaruhi perubahan tersebut, antara lain:

- Posisi atau besar sudut batang terhadap poros
- Dimensi ulir yang digunakan
- Diameter pipa / cerobong yang digunakan
- Posisi tangan [9]

Berdasarkan kurva tersebut dapat dinyatakan bahwa semakin besar sudut atau semakin besar diameter cerobong yang akan digunakan, maka semakin kecil beban yang diterima operator.

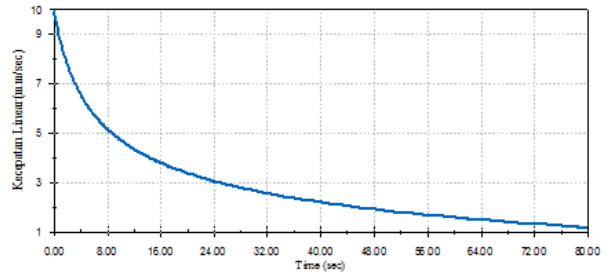
Kecepatan gerak pelokasian dipengaruhi oleh kecepatan putar tangan operator. Berdasarkan pertimbangan beban puntir dan besar *pitch* ulir diperoleh kecepatan linear mur pembawa sebesar 2,33 mm/s, hasil perubahan kecepatan gerak dapat digambarkan oleh kurva sebagai berikut;



Gambar 18. Ilustrasi gerak pelokasi

Kurva perubahan kecepatan pelokasian yang diperoleh menggunakan *motion study analysis* pada *software solidworks* dapat dilihat pada Gambar 19. Perubahan kecepatan gerak sistem pelokasi dipengaruhi oleh besar sudut gerak, waktu dan diameter yang dicapai pelokasi. Semakin besar sudut gerak atau waktu yang ditempuh atau

diameter yang dicapai pelokasi, maka semakin lambat pergerakannya.



Gambar 19. Kurva perubahan kecepatan pelokasian

### 5. Simpulan

Berdasarkan hasil konsep rancangan dan analisis dari beberapa parameter, dapat disimpulkan bahwa pergeseran terhadap kelurusan garis sumbu dua cerobong masih dalam batas yang diizinkan. Ketidaksatusumbuan terjadi karena defleksi *fixture* maksimal 3 mm untuk tebal 10 mm dan 2 mm untuk tebal 5 mm. Waktu estimasi maksimum diperoleh lebih cepat dibandingkan waktu proses sebelumnya, dengan hasil menunjukkan 351 menit atau 43,3% lebih cepat. Aplikasi metode VDI 2222 dengan menggunakan software CAD/CAE pada proses perancangan *welding fixture* untuk sambungan cerobong sangat sesuai dan dapat mempercepat proses perancangan. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dinyatakan bahwa *welding fixture* sangat layak dipertimbangkan untuk digunakan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nee, Y. C., Andrew; Tao, J. Z.; Kumar, Senthil A., *An Advanced Treatise on Fixture Design Planning*, World Scientific Publishing, Singapore, 2004.
- [2] Folga, S. M., *Natural Gas Pipeline Technology Overview*, Argonne National Laboratory, Chicago, November 2007.
- [3] Mott, Robert L., *Applied Strength of Materials*, 5th ed., Pearson Education, 2008.

- [4] Meriam, J.L; Kraige, L.G., *Engineering Mechanics: Statics*. 5th ed., John Wiley & Sons Inc., 2002.
- [5] Henriksen, K Erik., *Jig and Fixture Manual Design*, Industrial Press., Desember 2010.
- [6] Motte, Damien; Robert Bjarnemo; Bernard Yannou, *On the Interaction Between the Engineering Design and the Development Process Models*, Laboratoire Genie Industrie, Paris, 2011.
- [7] IJMSE, *Systematic Design of a Horse Surgical Table*, International Journal of Multidisciplinary Sciences and Technology, Vol.3, No.4, April 2012.
- [8] Muhs, Dieter., Wittel, Herbert., Jannasch, Dieter., *Roloff/Matek Maschinenelemente*, Deutschland: Springer, Juni 2013.
- [9] Shigley, E. Joseph., Mischke, R. Charles., *Standard Handbook of Machine Design*, Mc.Graw-Hill, New York, 1996.