

# Metode Desain VDI 2221 untuk Merancang Mesin Uji Mikro Fatik Tipe *Cantilever Rotating Bending Load* dengan Sistem Kontrol *Human Machine Interface*

Aziz Basyari<sup>1,2\*</sup>, Haftirman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Mercubuana Jakarta

<sup>2</sup>BPLJSKB, Kementerian Perhubungan

\*Corresponding author: [55822120003@students.mercubuana.ac.id](mailto:55822120003@students.mercubuana.ac.id)

## Abstract

*Micro fatigue testing machines are used in fatigue testing to determine the fatigue strength parameters and fatigue life of metal materials. Micro specimens are widely used in the health industry. The principle of this testing machine is based on the adaptation of the technical theory of cantilever loading. The design method of this testing machine design is based on the VDI 2221 method to determine the best design from several design variants. From the VDI 2221 design method, the part of Micro Fatigue Testing Machine Design of the Cantilever Rotating Bending Load Type With Human Machine Interface (HMI) Control is: Human Machine Interface (HMI) and control box, Motor and Inverter, Clutch (Specimen Clamp), Limit switch, Weight Load and Equipment Holder. The purpose of designing the fatigue testing machine is to produce fatigue test data in the form of fatigue strength values (S: Strength) and the number of loading cycles (N: Number of Stress Cycle) in real time and can be controlled and monitored via the internet network so that the fatigue testing process can run more effectively and efficiently.*

**Keywords:** *Micro fatigue testing machine, Material Life, Human Machine Interface*

## Abstrak

Mesin uji mikro fatik digunakan dalam pengujian fatik untuk menentukan parameter kekuatan fatik (fatigue strength) dan umur fatik (fatigue life) dari bahan logam. Spesimen mikro banyak digunakan pada industri kesehatan. Prinsip mesin uji ini didasarkan pada adaptasi teori teknis pembebanan cantilever. Metode perancangan desain mesin uji ini didasarkan pada metode VDI 2221 guna menentukan desain terbaik dari beberapa varian desain. Dari metode perancangan desain VDI 2221 desain Rancangan Mesin Uji Mikro Fatik Tipe *Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol Human Machine Interface* (HMI) dari : *Human Machine Interface* (HMI) dan control box, Motor dan Inverter, Kopling (Pencekam Spesimen), Limit switch, Beban Pemberat dan Dudukan Peralatan. Tujuan dari perancangan mesin uji fatik tersebut adalah untuk menghasilkan data pengujian fatik berupa nilai kekuatan fatik (S: Strength) dan jumlah siklus pembebanan (N: Number of Stress Cycle) secara realtime serta mampu kontrol dan dipantau melalui jaringan internet sehingga proses pengujian fatik bisa berjalan lebih efektif dan efisien.

**Kata Kunci:** Mesin Uji mikro fatik, Umur Material, Human Machine Interface

## 1. Pendahuluan

Komponen sering kali memikul beban siklik, bersama dengan beban tersebut bergantung pada waktu, namun berulang. Contohnya adalah beban lentur putar pada poros berputar, pada saat proses menghidupkan dan mematikan mesin. Pengulangan beban yang identik atau serupa secara terus-menerus sangat mengurangi kekuatan material tersebut [1].

Pembebanan siklik pada material logam akan mendorong inisiasi retak yang lebih cepat menyebabkan material pada suatu komponen mesin lebih rapuh dan mudah

patah [2]. Kegagalan fatik dimulai dari inisiasi retakan terjadi pada semua sehingga perlu dilakukan riset untuk mempelajari kelakuan fatik pada material sebagai salah satu usaha mengetahui umur fatik agar terhindar dari kegagalan penggunaan suatu material [3]. Pengujian uji fatik akan digunakan dalam perancangan produk, yaitu sebagai faktor pertimbangan dalam memilih material yang tepat untuk suatu rancangan [4]

Beberapa penelitian terkait estimasi umur fatik pada material logam sebagai contoh pada tembaga dan aluminium dengan

menggunakan spesimen normal telah dilakukan dengan variasi jenis pembebanan di udara laboratorium atau di berbagai lingkungan [5], namun penelitian kekuatan fatik untuk spesimen mikro jumlahnya sangat terbatas sehingga perlu peningkatan penelitian pada spesimen skala mikro [6]. Pada penelitian tersebut, mesin uji yang digunakan adalah micro fatigue testing machine yang terdiri dari motor, timer, micro switch, penjepit spesimen dan beban pemberat. Output dari mesin tersebut adalah waktu terjadinya patah pada spesimen. Hasil pengujian fatik yang merupakan grafik hubungan antara kekuatan fatik (S: Strength ) dan jumlah siklus pembebanan (N: Number of Stress Cycle) masih harus dikalkulasi secara manual.

Penelitian terkait dengan kegagalan fatik pada spesimen mikro banyak digunakan pada dunia industri kesehatan berupa pengujian rotary fatik pada instrumen endodontik yang digunakan untuk perawatan gigi berbahan Nickel Titanium dengan ukuran diameter spesimen 0,8 mm [7] Penelitian mengharapkan dimasa depan dapat dilakukan dengan ukuran spesimen yang berbeda dan lebih variatif [8].

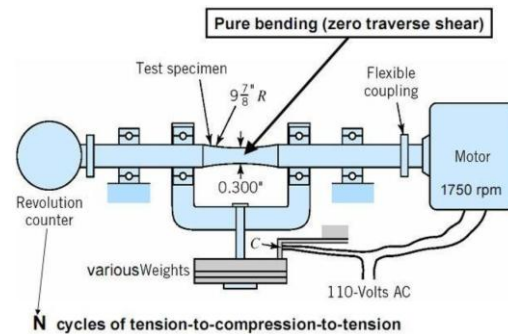
Salah satu desain alat uji rotari fatik dengan kemampuan yang memungkinkan untuk pengaturan ukuran spesimen, kecepatan putaran dan gaya yang diterapkan pada spesimen 10 s/d 20 mm [9], pada penelitian yang lain, jenis alat uji fatik yang dikembangkan adalah mesin uji fatik dengan jenis Cantilever Rotating Bending yang lebih ekonomis dengan menggunakan komponen lokal dengan ukuran spesimen 6 s/d 12 mm [10].

Berdasarkan pemaparan di atas, disimpulkan bahwa rancang bangun mesin uji mikro fatik dengan harga yang murah merupakan suatu hal yang menarik. Rancang bangun mesin uji mikro fatik yang akan dirancang adalah mesin uji mikro fatik dengan tipe *Cantilever Rotating Bending Load*. Mesin uji fatik ini mampu beroperasi dengan putaran yang bisa disesuaikan kebutuhan pengujian dan menghasilkan tabel S-N secara otomatis akan dikontrol

melalui sebuah perangkat Human Machine Interface (HMI) sebagai input parameter, kontrol mesin dan proses data hasil pengujian maka dari itu penulis mengangkat judul “Rancang Bangun Mesin Uji Mikro Fatik Tipe Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol *Human Machine Interface* “.

### Mesin Uji Fatik

Mesin uji fatik digunakan untuk mengetahui umur lelah atau kekuatan lelah suatu material [11]. Mesin uji fatik yang paling banyak digunakan adalah Mesin uji fatik tipe rotary bending berdasarkan desain R.R Moore yang di tunjukan pada Gambar 1.



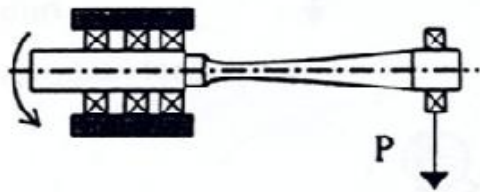
Gambar 1. RR Moore Fatigue Testing Machine [12]

Gambar 1 menunjukkan mesin uji fatik desain R.R Moore, desain mesin ini memastikan spesimen mengalami pembengkokan murni (tidak ada geser melintang). Dalam pengujian ini, ketika benda uji diputar setengah putaran, tegangan pada serat yang awalnya berada di atas sumbu netral spesimen akan dibalik dari tekan ke tarik dengan intensitas yang sama. Setelah putaran selesai, tegangan dibalik lagi, sehingga selama satu putaran penuh benda uji mengalami tegangan lentur siklik penuh, yaitu benda uji mengalami siklus tarik dan kompresi secara bergantian, mekanisme pengujian dengan desain ini akan menghitung jumlah putaran (siklus) hingga spesimen patah [12].

Pengembangan desain mesin uji fatik tipe rotary bending dengan pembebanan tipe cantilever untuk spesimen dengan ukuran diameter 6 mm [10]. Teori yang mendasari perancangan mesin fatik tipe ini adalah prinsip lentur balok elastik pembebanan

cantilever yang sering juga disebut dengan teori teknik lentur [13].

Cantilever merupakan sebuah balok yang relatif panjang yang dapat menopang beban yang tegak lurus terhadap sumbunya. Balok tersebut juga dapat mendukung momen terapan yang cenderung membengkokkan sehingga mengakibatkan kompresi lapisan bawah balok dan perpanjangan lapisan atas balok. Tegangan pada balok akibat tekukan tersebut disebut sebagai tegangan lentur [14] sebagaimana Gambar 2.



Gambar 2. Pembebanan Cantilever untuk Mesin Rotary Fatigue Testing [10]

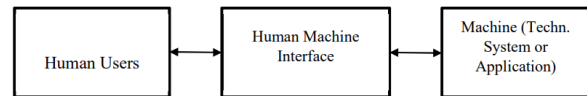
Gambar 2 menjelaskan terkait dengan adaptasi teori cara kerja mesin uji fatik cantilever rotari bending yang terdiri dari penerapan tegangan lentur konstan yang diketahui (akibat momen lentur) pada spesimen berbentuk bulat pada salah satu ujungnya diberi beban dan ujung lainnya tetap, dikombinasikan dengan rotasi spesimen di sekitar sumbu tegangan lentur hingga terjadi kegagalan. Rotasi dan pembengkokan simultan pada saat mesin uji fatik beroperasi memastikan bahwa tegangan lentur yang menyebabkan peregangan lapisan atas spesimen dan menekan lapisan bawah seperti yang berlaku pada balok stasioner didistribusikan secara merata ke seluruh keliling spesimen.

### Human Machine Interface

*Human Machine Interface* (HMI) adalah sistem yang menghubungkan antara manusia dan teknologi mesin. HMI dapat berupa pengendali dan visualisasi status baik dengan manual maupun melalui visualisasi komputer yang bersifat real time. Salah satu tugas dari HMI yaitu membuat visualisasi dari teknologi atau sistem secara nyata serta desain HMI dapat disesuaikan sehingga memudahkan pekerjaan fisik [15].

HMI mampu untuk memonitor bahkan mengontrol setiap proses, pada industri.

HMI memiliki kemampuan untuk mengumpulkan, mengolah data yang didapat dari mesin yang dikontrol menjadi sebuah informasi yang mudah dimengerti oleh manusia sehingga dalam perancangan HMI haruslah dibuat semirip mungkin dengan mesin yang dikontrol agar memudahkan manusia dalam menjalankan dan mengontrol mesin [16] Seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara HMI, Manusia dan Mesin [17]

Seperti yang tergambar pada Gambar 5, hubungan HMI dengan manusia dan hubungan HMI dengan mesin adalah hubungan dua arah. Hal ini karena antara HMI dengan manusia dan HMI dengan mesin saling bertukar informasi satu sama lainnya sehingga dapat disebut sebagai hubungan dua arah [17].

### Metode VDI 2221

Bagian yang paling penting dari metode perancangan adalah memecahkan masalah teknik menggunakan tahap demi tahap secara analisis dan sintesis. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam perancangan adalah metode yang disusun oleh Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz yaitu metode VDI 2221 [18].

Metode perancangan VDI 2221 yang sistematis diharapkan dapat mempermudah perancang untuk menguasai sistem perancangan tanpa harus menguasai secara detail dan juga membantu proses merancang sebuah produk serta mudah digunakan dalam proses belajar bagi pemula [19]. Metode VDI 2221 ini memiliki langkah-langkah kerja dan hasil kerja yang dapat dibagi menjadi 4 (empat) tahapan pengerjaan, yaitu :

- Tahap I : Mengklarifikasi Tugas
- Tahap II : Perencanaan berupa konsep
- Tahap III : Pembentukan konsep produk
- Tahap IV : Perencanaan Rinci

## 2. Metodologi Perancangan

### 2.1 Prinsip Kerja

Peralatan ini memiliki fungsi untuk menghitung siklus pembebanan yang terjadi pada ujung spesimen melalui beban pemberat dan ujung lainnya dicekam oleh kopling dan diputar oleh motor. Selama proses pengujian akan dapat dimonitor secara online melalui koneksi internet serta pada saat spesimen mengalami patah maka motor akan secara otomatis mati melalui pemutusan listrik ke motor melalui limits switch. Hasil pengujian berupa kalkulasi tegangan (S: Strength ) dan jumlah siklus pembebanan (N: Number of Stress Cycle) dapat langsung dimunculkan melalui tampilan *Human Machine Interface* (HMI) dan dapat akses secara daring jika dihubungkan melalui internet.

### 2.2 Langkah kerja metode VDI 2221

#### 2.2.1 Daftar Kehendak

Daftar kehendak disusun untuk mendapatkan spesifikasi-spesifikasi dari suatu produk yang diinginkan. Daftar kehendak ini merupakan sekumpulan ide-ide yang didapat dan kemudian dianalisa dan didefinisikan yang kemudian disusun ke dalam sebuah daftar kehendak. Ide dan keinginan yang muncul dalam perancangan Mesin Uji Mikro Fatik Tipe Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol *Human Machine Interface* adalah sebagai

berikut:

- a. Putaran motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengujian
- b. Putaran motor s/d 1200 rpm
- c. Bahan rangka kuat, tidak mudah berkarat
- d. Material Mudah didapat
- e. Kopling pencekam kuat untuk beban sampai dengan 1000 gram
- f. Kopling pencekam bisa disesuaikan dengan ukuran spesimen 1 s/d 3 mm
- g. Konstruksi sederhana dan mudah untuk dimobilisasi
- h. Tidak Bising
- i. Pengoperasian tidak membahayakan
- j. Kinerja mesin uji dapat dipantau melalui komunikasi internet (IoT)
- k. Biaya Produksi relative murah
- l. Dapat diproduksi oleh UMKM
- m. Suku cadang mudah ditemukan
- n. Mudah untuk dibongkar pasang
- o. Tidak memerlukan perawatan khusus
- p. Menggunakan Listrik 220 V
- q. Energi yang digunakan kecil

#### 2.2.2 Pengelompokan daftar kehendak

Dari urutan kehendak yang tidak teratur ,kemudian disusun secara sistematis kedalam daftar yang disebut daftar kehendak yang kemudian dibagi menjadi 2 kategori Demans (D) dan Wishhes (W) dapat di lihat dalam tabel 1 berikut :

Tabel 1. Daftar Spesifikasi Kehendak

No.	Perancangan	Spesifikasi	Tingkat Kebutuhan
1	Energi	- Menggunakan Listrik 220 V - Energi yang digunakan kecil	D W
2	Kinematika	- Putaran motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengujian - Putaran motor s/d 1200 rpm	D W
3	Material	- Bahan rangka kuat, tidak mudah berkarat - Material Mudah didapat - Kopling pencekam kuat untuk beban sampai dengan 1000 gram - Kopling pencekam bisa disesuaikan dengan ukuran spesimen 1 s/d 3 mm	D W D D
4	Ergonomi	- Konstruksi sederhana dan mudah untuk dimobilisasi - Tidak Bising, Pengoperasian tidak membahayakan	D W

5	Komunikasi	- Mesin uji dapat dipantau melalui internet (IoT)	D
6	Produksi	- Biaya Produksi relative murah - Dapat diproduksi oleh UMKM - Suku cadang mudah ditemukan	D W W
7	Perawatan	- Mudah untuk dibongkar pasang - Tidak memerlukan perawatan khusus	D W

### 2.2.3 Penentuan Konsep Rancangan

Untuk mengetahui masalah utama yang dihadapi dalam perancangan Mesin Uji Mikro Fatik Tipe Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol *Human Machine Interface* ini dibuat abstraksi. Abstraksi adalah perumusan masalah dan analisa terhadap daftar kehendak. Abstraksi prinsipnya adalah mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus dan memberikan penekanan pada hal-hal yang bersifat umum dan perlu. Berikut adalah abstraksi dari daftar spesifikasi yang telah dibuat:

- Menggunakan Listrik 220
- Kecepatan Putaran Motor bisa disesuaikan kebutuhan
- Konstruksi sederhana dan mudah untuk dimobilisasi
- Rangka kuat tidak mudah berkarat dan bahan mudah didapat

e. Kinerja mesin uji dapat dipantau melalui komunikasi internet (IoT)

f. Biaya tidak mahal

g. Mudah untuk dibongkar pasang

### 2.2.4 Prinsip Solusi

Setelah menentukan spesifikasi kehendak peralatan pada Tabel 1 prinsip solusi sub fungsi digunakan untuk menyeleksi komponen yang akan digunakan pada perancangan mesin uji mikro fatik tipe rotating bending load. Prinsip solusi dibuat dengan membentuk beberapa varian desain untuk dianalisis dengan tujuan agar produk yang dihasilkan nantinya merupakan desain dengan nilai efisiensi yang tinggi dan menjadi solusi paling tepat guna memenuhi kebutuhan spesifikasi produk yang dibutuhkan. Kombinasi prinsip solusi sub fungsi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Prinsip Solusi

No	Sub Fungsi	Persyaratan	Varian		
			1	2	3
A	HMI	- Harga Terjangkau - Mudah didapat - Fitur IoT	Haiwell	Weintek	Omron
B	Motor	- Harga Terjangkau - Mudah didapat - rpm dapat di setting	Motor Induksi 1 Phase	Motor Induksi 3 Phase	Motor Sinkron
C	Setting rpm	- Harga Terjangkau - rpm dapat di setting	Potensiometer	Dimmer	Inverter
D	Kopling	- Harga Terjangkau - Minim getaran	Model 1	Model 2	
E	Beban Pemberat	- Harga Terjangkau - Mudah didapat	Besi dilapis chrom	Kuningan	Stainlis Steel
F	Rangka	- Kuat, Ringan - Tahan Karat	Besi	Aluminium	Stainlis Steel
G	Rpm Counter	- Harga Terjangkau - Akurasi Tinggi - Mudah Perawatan	Program	Proximity	Encoder

Dari tabel 2 diatas didapati 2 kombinasi desain, selanjutnya dilakukan penyeleksian agar perancangan akhir suatu produk mendekati dengan tuntutan desain. Analisa dan kajian dilakukan terhadap

kombinasi yang ada agar bisa mendapatkan kombinasi terbaik yang nantinya disajikan dalam daftar pengecekan untuk pedoman spesfikasi sebagai berikut:

Tabel 3. Daftar Pengecekan Untuk Pedoman Spesifikasi

VARIASI PRINSIP SOLUSI	UNIVERSITAS MERCU BUANA FAKULTAS TEKNIK				TABEL PEMILIHAN VARIASI STRUKTUR FUNGSI				
					Keputusan				
	(+)	Ya			(+)	Meningkatkan Solusi			
	(-)	Tidak			(-)	Menghilangkan Solusi			
	(?)	Kekurangan Informasi			(?)	Mengumpulkan Informasi			
	(!)	Periksa Spesifikasi			(!)	Memeriksa Spesifikasi untuk perubahan			
	Sesuai Fungsi keseluruhan								
	Sesuai dengan daftar kehendak								
	Secara Prinsip dapat diwujudkan								
	Dalam batasan biaya produksi								
Pengetahuan tentang konsep memadai									
Memenuhi syarat keamanan dan ringan									
Mudah didapat dan dirawat									
A1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
A2	+	+	+	-	+	+	+		-
A3	+	+	+	-	+	+	+		-
B1	+	-	+	+	-	+	+		-
B2	+	+	+	+	+	+	+		+
B3	+	-	+	+	-	+	+		-
C1	+	-	+	+	+	+	+		-
C2	+	-	+	+	-	+	+		-
C3	+	+	+	+	+	+	+		+
D1	+	+	+	+	+	+	+		+
D2	+	+	+	+	+	+	+		+
E1	+	+	+	+	+	+	+		+
E2	+	+	+	-	+	+	-		-
E3	+	+	+	-	+	+	-		-
F1	+	+	+	+	+	-	+		-
F2	+	+	+	+	+	-	+		+
F3	+	+	+	-	+	+	+		-
G1	+	+	+	+	+	+	+		+
G2	+	+	+	-	+	+	+		-
G3	+	+	+	-	+	+	+		-

Setelah prinsip solusi subfungsi dibuat, maka perlu dilakukan kombinasi sehingga terbentuk suatu sistem. Kombinasi prinsip solusi akan dibagi dalam dua varian, berikut

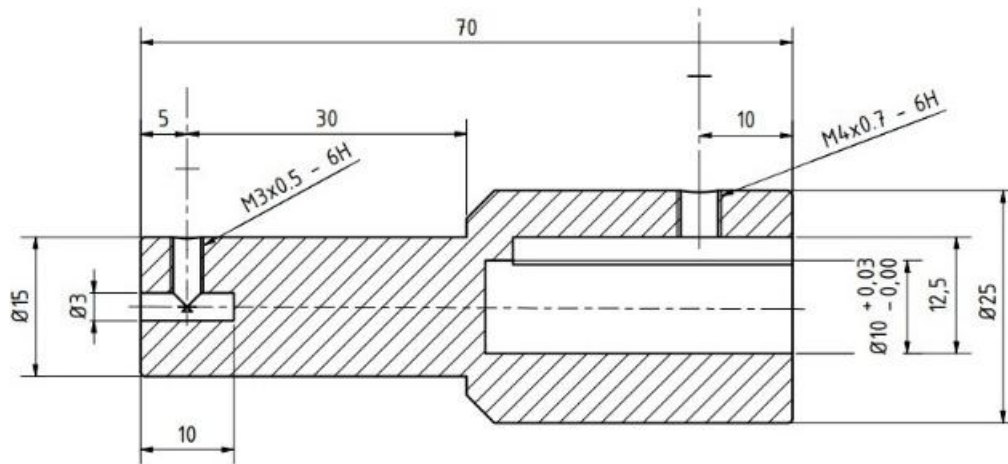
adalah tabel jalur varian I dan II yang mana jalur biru adalah varian I dan jalur merah adalah varian II yang ditunjukkan pada tabel 4 Pemilihan variasi solusi.

Tabel 4. Pemilihan varian

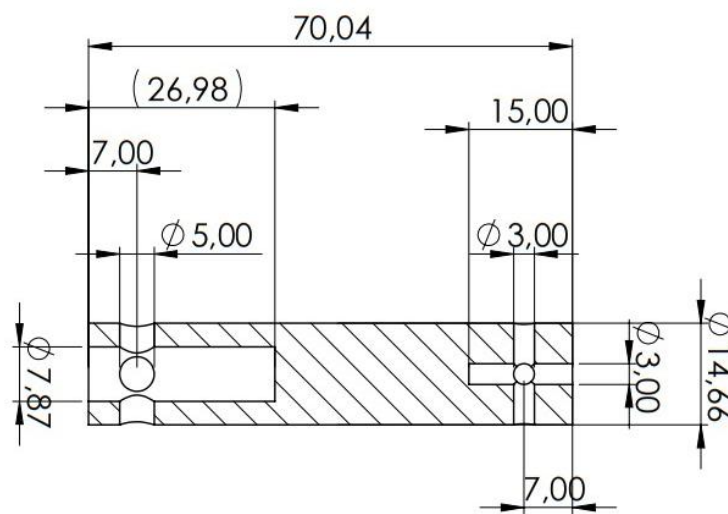
No	Sub Fungsi	Metode	Persyaratan	Varian		
				1	2	3
A	HMI	Beli	- Harga Terjangkau - Mudah didapat - Fitur IoT	Haiwell C7H-RW	Weintek	Omron
B	Motor	Beli	- Harga Terjangkau - Mudah didapat - rpm dapat di setting	Induksi 1 Phase	Induksi 3 Phase	Sinkron
C	Setting rpm	Beli	- Harga Terjangkau - Mudah didapat - rpm dapat di setting	Potensiometer	Dimmer	Inverter
D	Kopling	Dibuat	- Kuat - Harga Terjangkau - Minim Getaran	Model 1	Model 2	
E	Beban Pemberat	Beli	- Harga Terjangkau - Mudah didapat	Besi dilapis chrom	Kuningan	SS
F	Rangka	Dibuat	- Kuat - Ringan - Tahan Karat	Besi	Aluminium	SS
G	Rpm Counter	Beli	- Harga Terjangkau - Akurasi Tinggi - Mudah Perawatan	Program	Proximity	Encoder



Gambar. 4 Desain Mesin Uji Mikro Fatik Tipe Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol *Human Machine Interface*



Gambar. 5 Desain Kopling Model 1



Gambar. 6 Desain Kopling Model 2

Dari 2 varian desain Mesin Uji Mikro Fatik Tipe Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol Human

*Machine Interface* selanjutnya dilakukan penilaian sebagaimana yang diperlihatkan pada tabel-tabel berikut:

Tabel 5. Penilaian Varian 1

No	Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai Varian 1	Sub total
		Wi		Vi	Wi x Vi
1	<i>Safety</i>	0,15	Tidak membahayakan pengguna	7	1,05
2	Komponen mudah dibuat	0,07	Kemudahan dalam pengerjaan	6	0,42
3	Rangka Kuat	0,10	Tidak mudah rusak	7	0,7
4	Mudah dalam perawatan	0,05	Biaya Perawatan	7	0,35
5	Mudah dibongkar pasang	0,08	Pemasangan cepat	7	0,56
6	Harga Terjangkau	0,15	Anggaran	7	1,05

7	Ringkas dan tidak berat	0,10	Mobilisasi dan transportasi	7	0,7
8	Fitur <i>Internet Of Think (IoT)</i>	0,15	Kontrol Jarak Jauh	8	1,2
9	Komponen mudah didapat	0,10	Ketersediaan di pasar	7	0,7
10	Dukungan <i>Cloud Computing</i>	0,05	Kemudahan akses	8	0,4
Jumlah		1,00		71	7,13

Pada tabel 5 dapat dilihat hasil evaluasi varian 1 telah dinilai dengan kriteria dan parameter masing-masing

memiliki nilai 1,0 dan 71 serta nilai OWV (Overated Weight Value) Sebesai 7,1.

Tabel 6 . Penilaian Varian 2

No	Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai Varian 2	Sub total
		Wi		Vi	Wi x Vi
1	<i>Safety</i>	0,15	Tidak membahayakan pengguna	7	1,05
2	Komponen mudah dibuat	0,07	Kemudahan dalam pengerjaan	8	0,56
3	Rangka Kuat	0,10	Tidak mudah rusak	7	0,7
4	Mudah dalam perawatan	0,05	Biaya Perawatan	7	0,35
5	Mudah dibongkar pasang	0,08	Pemasangan cepat	7	0,56
6	Harga Terjangkau	0,15	Anggaran	8	1,2
7	Ringkas dan tidak berat	0,10	Mobilisasi dan transportasi	7	0,7
8	Fitur <i>Internet Of Think (IoT)</i>	0,15	Kontrol Jarak Jauh	8	1,2
9	Komponen mudah didapat	0,10	Ketersediaan di pasar	7	0,7
10	Dukungan <i>Cloud Computing</i>	0,05	Kemudahan akses	8	0,4
Jumlah		1,00		74	7,41

Pada tabel 6 merupakan hasil evaluasi varian 2 telah dinilai dengan kriteria dan parameter masing-masing memiliki nilai 1,0 dan 74 serta nilai OWV (*Overated Weight Value*) sebesar 7,42. Nilai varian 2 lebih tinggi dibandingkan dengan varian 1 dikarenakan pada varian 1 menggunakan desain poros bertingkat yang memiliki tingkat risiko gagal produksi dan ketelitian tinggi [20] sehingga harga produksi akan lebih mahal.

### 3. Kesimpulan

Dari metode VDI 2221 dalam proses Desain Mesin Uji Mikro Fatik Tipe

Cantilever Rotating Bending Load Dengan Kontrol *Human Machine Interface* mesin uji tersebut terdiri dari : *Human Machine Interface* (HMI) dan kontrol box, Motor dan Inverter, Kopling (Pencekam Spesimen), Limit switch, Beban Pemberat dan Dudukan Peralatan. Adapun penilaian solusi perbaikan dilakukan pada 2 varian terbaik dilakukan pada varian 1 dengan nilai OWV sebesar 7,13 dan varian 2 dengan nilai owv sebesar 7,43 sehingga dapat disimpulkan bahwa varian terbaik desain mesin uji tersebut menggunakan desain varian 2.

### Referensi

- [1] B. Roasler, J; Harald, H; Martin, *Mechanical Behaviour of Engineering Materials*. 2007. doi: 10.1007/978-3-540-73448-2.
- [2] M. Topic, R. B. Tait, and C. Allen, "The fatigue behaviour of metastable (AISI-304) austenitic stainless steel wires," *Int. J. Fatigue*, vol. 29, no. 4, pp. 656–665, 2007, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2006.07.007.
- [3] Y. Akiniwa, S. Stanzl-Tschegg, H. Mayer, M. Wakita, and K. Tanaka, "Fatigue strength of spring steel under axial and torsional loading in the very high cycle regime," *Int. J. Fatigue*, vol. 30, no. 12, pp. 2057–2063, 2008, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2008.07.004.
- [4] T. C. Wahyudi and E. Nugroho, "Hubungan Siklus Putaran Dan Beban Terhadap Kekuatan Bahan Pada Uji Fatik Bending," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, 2014, doi: 10.24127/trb.v3i1.23.
- [5] M. F. Harun and R. Mohammad, "Fatigue properties of JIS H3300 C1220 copper for strain life prediction," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1958, 2018, doi: 10.1063/1.5034532.
- [6] Haftirman, T. Priyono, M. Kholil, D. Al Tanggaraju, M. A. A. M. Salleh, and F. F. Zainal, "Prediction of fatigue strength of micro-specimen on copper and aluminium alloys under rotating bending load," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2291, no. November, 2020, doi: 10.1063/5.0023035.
- [7] G. S. P. Cheung and B. W. Darvell, "Fatigue testing of a NiTi rotary instrument. Part 1: Strain-life relationship," *Int. Endod. J.*, vol. 40, no. 8, pp. 612–618, 2007, doi: 10.1111/j.1365-2591.2007.01262.x.
- [8] A. Carvalho, M. Freitas, L. Reis, D. Montalvão, and M. Fonte, "Rotary Fatigue Testing to Determine the Fatigue Life of NiTi alloy Wires: An Experimental and Numerical Analysis," *Procedia Struct. Integr.*, vol. 1, pp. 34–41, 2016, doi: 10.1016/j.prostr.2016.02.006.
- [9] D. Brandolisio *et al.*, "Rotating bending machine for high cycle fatigue testing," *Main*, pp. 1–7, 2009.
- [10] K. K. Alaneme, "Design of a Cantilever - Type Rotating Bending Fatigue Testing Machine," *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 10, no. 11, pp. 1027–1039, 2011, doi: 10.4236/jmmce.2011.1011078.
- [11] M. K. Vincent and E. Al, "Fabrication and Analysis of Fatigue Testing Machine," *Int. J. Eng. Sci.* ||, pp. 2319–1805, 2016, [Online]. Available: [www.theijes.com](http://www.theijes.com)
- [12] P. R. Mali, U. S. Chavan, and P. G. Student, "Design and Development of Rotating Bending Fatigue Test-Rig," vol. 5, no. 7, pp. 578–586, 2018, [Online]. Available: [www.jetir.org/578](http://www.jetir.org/578)
- [13] J. Hannah, *Applied Mechanics*, Third Edit. Essex, England: Longman, 1996.
- [14] N. H. Cook, *Mechanics and Materials for Design*. Singapore: Mac Graw - Hill Book Company, 1987.
- [15] H. Haryanto and S. Hidayat, "Perancangan HMI (Human Machine Interface) Untuk Pengendalian Kecepatan Motor DC," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 1, no. 2, p. 58, 2016, doi: 10.36055/setrum.v1i2.476.
- [16] I. D. Z. Imnadir, "Penerapan PLC HMI (Human Machine Interface) untuk Monitoring Objek pada Sistem Pengisian Minuman ke Dalam Botol," *Bul. Utama Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 47–53, 2022.
- [17] Prismanto, T. Herdantyo, D. T. Nugroho, Y. Ramadhani, and A. Mubyarto, "Desain Dan Simulasi Sistem HMI (Human Machine Interface) Berbasis Citect SCADA Pada Konveyor Proses Di Industri,"

- Semin. Nas. Edusaintek*, pp. 253–262, 2018.
- [18] A. Suwandi, “Perancangan Produk,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [19] R. Dermawan and A. Wibowo, “Perancangan Mesin Pengupas Kulit Kentang Dengan Metode VDI 2221,” *Sainstech J. Penelit. Dan Pengkaj. Sains Dan Teknol.*, vol. 33, no. 3, pp. 96–104, 2023, doi: 10.37277/stch.v33i3.1737.
- [20] Hertonoto handani, ““PEMBUATAN POROS BERTINGKAT PADA MESIN PEMARUT DAN PEMERAS KELAP,”” *Fak. Tek. Univ. Negeri Yogyakarta*, p. 6, 2015.