

Metode Desain VDI 2221 Untuk Merancang SKID MPFM SINGLE LINE**Rudi Kurniawan Arief**

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, Bukittinggi

email: rudi.arief@gmail.com

Abstract: *MPFM (Multi Phase Flow Meter) is an on field tools to measure the flow and composition of crude oil during mud logging process. This tool unit operated beside logging well area so the result can be obtained directly on site. Because of remote access in mining location, a small and lighter measuring unit tools required in order to have easy transportation, storing and installing of the unit. The MPFM Single line unit then developed to answer this problems VDI 2221 design methode is using to design this new unit where the primary data gathered from litercy study, interview with the company's management staffs and operators. This design methode obtain 4 product variations where 1st Varian was choosed as the best design.*

Keywords: *MPFM, VDI 2221, Design Methode, Mechanical Design.*

PENDAHULUAN

MPFM (Multi Phase Flow Meter) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur aliran dan komposisi dari minyak dan gas bumi yang tercampur dalam lumpur galian (*mud logging*) yang berisi berbagai jenis material tanpa harus melakukan proses pemisahan (*fluid separation*) terlebih dahulu. Hasil pengukuran yang presisi dan berkualitas tinggi dihasilkan oleh detektor nuklir dengan sumber barium-133 dan *smart detector* yang sudah dirancang khusus sehingga tidak membahayakan para pekerja di lapangan. *MPFM* diaplikasikan langsung di lapangan dengan posisi yang dekat dengan *logging well* dan hasilnya bisa langsung diperoleh di tempat.

Unit generasi pertama dipersiapkan untuk bisa digunakan pada kondisi sumur yang menggunakan pipa kecil 2" dan pipa besar 4". Dimensi unit cukup besar karena terdapat dua *line* dalam satu *skid*. Besarnya ukuran unit ini cukup menyulitkan dalam hal penyimpanan, transportasi dan penyusunan pada saat proses produksi dilakukan sehingga menjadi terlalu rumit dan terlalu banyak memakan biaya.

Pesatnya kemajuan teknologi dan semakin ketatnya persaingan antar perusahaan dalam bisnis minyak bumi dan gas alam menyebabkan perusahaan harus berusaha semaksimal mungkin untuk menjaga dan memajukan bisnis mereka. Peningkatan teknologi yang diawali oleh proses desain harus mampu mengakomodasi semua

perubahan teknologi, lingkungan, kebiasaan operator, ergonomi dan penyederhanaan proses yang akan membawa suatu efisiensi proses sehingga berdampak juga terhadap efisiensi pengeluaran tanpa mengorbankan fungsi teknis, kepresisian dan kehandalan dari alat yang didesain tersebut.

METODE PENELITIAN

Kesempurnaan produk yang dibuat sangat ditentukan oleh ketepatan dan efektifitas dari prosesnya yang dimulai dari proses desain itu sendiri. Berbagai kebutuhan dan aspek dalam desain harus disesuaikan terhadap kondisi perusahaan, situasi pasar, kenyamanan pengguna dan perkembangan teknologi. Semua kebutuhan di atas dapat diakomodir dengan penggunaan metode VDI 2221 ini.

Ukuran yang besar pada unit yang sudah ada menimbulkan beberapa permasalahan tersendiri antara lain adalah sempitnya lokasi penambangan terutama di lepas pantai di mana semua unit dari berbagai fungsi dan berbagai *services company* harus disusun pada lokasi yang sangat terbatas sehingga dimensi unit bisa menjadi suatu permasalahan. Ukuran yang besar berarti unit yang berat, sehingga dibutuhkan peralatan khusus untuk proses pemindahan serta tempat yang cukup luas untuk penyimpanan. Berdasarkan masukan dari *operational team* di lapangan, dari dua *line* yang terdapat pada *skid* generasi pertama ini ternyata hanya *line* 4" yang sering dipergunakan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka dirancang *skid* generasi kedua dengan hanya menempatkan satu *line* saja yaitu *line 4* sehingga bisa diperoleh ukuran yang lebih kecil dan mempunyai bobot lebih ringan. Metode perancangan VDI2221 diterapkan pada penelitian ini agar didapatkan hasil rancangan terbaik.

Langkah kerja yang terdapat dalam metode VDI 2221 mempertepat dan memperjelas tugas, menentukan fungsi struktur, mencari prinsip solusi beserta strukturnya, menguraikan varian yang dapat direalisasikan, memberikan bentuk pada model serta merinci pembuatan dan penggunaannya.

Di dalam penelitian ini penulis akan menjelaskan dan menjabarkan penerapan metode VDI 2221 dalam desain alat MPFM Single Phase Unit.

Beberapa langkah pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Survei lapangan, yaitu melihat secara langsung maupun tidak langsung permasalahan yang terjadi di lapangan.
2. Studi pustaka, yaitu mencari data dan informasi dari buku-buku referensi, literatur, jurnal dan penelusuran internet.
3. Diskusi, yaitu wawancara dan berdiskusi dengan pihak-pihak yang berkompeten untuk mengumpulkan data primer dan sekunder dalam penyusunan daftar kehendak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan *Skid MPFM single line* ini merupakan pengembangan dan penyederhanaan dari sistem *MPFM double line* yang sudah ada pada PT. WN untuk mengoptimalkan kinerja dan penggunaannya di lapangan sehingga lebih sesuai dengan kondisi kerja dan keinginan *customer*. Adapun langkah-langkah yang telah penulis tempuh dalam perancangan antara lain :

- a. Pengumpulan data melalui wawancara dan pengamatan di lapangan.
- b. Analisa dan pengolahan data berdasarkan referensi dari literatur, buku, serta beberapa pendekatan asumsi.

- c. Menarik kesimpulan dan memberikan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

Penyusunan Daftar Kehendak

Daftar kehendak merupakan beberapa hal yang dikumpulkan untuk melakukan perancangan suatu alat agar dapat menghasilkan alat yang benar-benar bisa menjawab permasalahan yang ada. Adapun sifatnya masih umum dan susunannya belum teratur.

Tahap pertama adalah pengumpulan ide-ide yang masih bersifat umum tanpa batasan-batasan tertentu.

Adapun ide-ide untuk perancangan *skid MPFM single line* tersebut dikumpulkan dalam suatu daftar kehendak sebagai berikut :

1. Berat < 800kg.
2. Dimensi < 1000x1000x1500mm.
3. Satu *line MPFM* saja.
4. Bisa diangkat dari atas.
5. Bisa diangkat dari bawah.
6. Material yang sudah disertifikasi.
7. *Skid* harus cocok dengan *line* yang didesain di Perancis.
8. Bisa menggunakan *Connector API & Weco*.
9. Sesuai sertifikasi DNV 27-1.
10. Perakitan mudah.
11. Perakitan *line* ke *skid* mudah.
12. Manufakturing tidak rumit.
13. Bisa menyimpan 20m kabel instrumen.
14. Aman dari benturan.
15. Mudah dibongkar.
16. Mudah dipindahkan.
17. Ada *cover* pelindung.
18. *Cover* pelindung mudah dibongkar-pasang.
19. Bisa dipindah dengan mesin.
20. Bisa dipindah secara *manual*.
21. Mampu menahan *line* dari getaran.
22. Ada sesuatu untuk menyangga berat dari *connector*.
23. Penyangga bisa dibongkar-pasang dengan mudah dan aman.
24. Penyangga bisa dipindah posisikan.
25. Penyangga *line* harus kuat tapi

mudah di-*adjust*.

26. Sensor-sensor harus terlindung dari benturan.

Semua data-data yang berkaitan dengan tugas yang bertujuan untuk pemecahan masalah serta sifat-sifat yang harus dimiliki didefinisikan secara lengkap dan jelas menjadi suatu daftar spesifikasi.

Spesifikasi *Skid Single Line MPFM*

Berikut adalah tabel spesifikasi *skid single line MPFM* yang telah disaring dan dikelompokkan dari ide-ide yang ada pada daftar kehendak.

Tabel 1. Daftar spesifikasi *Skid single line MPFM*

No	Faktor	D/ W	Persyaratan
1	Energi	D	Mampu bekerja dengan normal pada suhu 70 °C ~ -20°C.
2		D	Komponen pengencang mampu menahan beban sampai 500kg.
3	Gaya	W	Berat < 800kg.
4	Geometri	W	Dimensi < 1000x1000x1500 mm.
5	Produksi	D	Untuk satu <i>line MPFM</i> saja.
6		W	Bisa menyimpan kabel instrumen & tenaga sepanjang 20m dengan aman.
7		W	Menggunakan proses permesinan standar.
8		W	Produksi dengan peralatan yang tersedia (<i>inhouse</i>).
9		D	Proses manufaktur

			harus mengikuti standarisasi DNV.
10	Material	D	Menggunakan material sesuai standar DNV dan ada sertifikat <i>properties</i> dan pengujiannya.
11		D	Material ada sertifikat <i>properties</i> dan pengujiannya.
12	Transportasi	D	<i>Skid</i> dapat diangkat dari atas dan dari bawah.
13		W	Ringan dan mudah dipindah dengan alat sederhana.
14		W	Tidak memakan banyak tempat.
15	Perakitan	D	Harus sesuai dengan <i>line MPFM</i> dari Perancis
16		D	<i>Connector API</i> dan <i>Weco</i> harus dapat digunakan (tergantung permintaan <i>customer</i>).
17		W	<i>Line MPFM</i> bisa dirakit dengan mudah ke dalam <i>skid</i> .
18		D	Aman dari benturan.
19	Safety	D	Sensor-sensor harus terlindung.
20		W	Ada <i>cover</i> pelindung.
21		Ergonomi	D

			sendiri bisa dipindah posisikan dengan mudah.
22		D	Connector API dan Weco bisa dipindah posisikan tanpa harus membongkar <i>line</i> atau membuka <i>skid</i> .
23		D	<i>Electric box</i> di dalam <i>skid</i> bisa diakses dengan mudah.
24	Perawatan	D	Tahan karat.
25		W	<i>Spare part</i> mudah didapat.
26	Biaya	W	Sebisa mungkin menggunakan material yang tersedia di dalam negeri.
27		W	Proses produksi <i>inhouse</i> sehingga biaya produksi bisa lebih rendah.

Keterangan :

D : *Demand* (tuntutan yang harus dipenuhi), adalah persyaratan yang mutlak untuk dipenuhi pada setiap kondisi perancangan, dengan kata lain apabila persyaratan ini tak terpenuhi maka perancangan dianggap gagal.

W : *Wishes* (keinginan) merupakan persyaratan yang diinginkan dan tidak bersifat mutlak, persyaratan ini boleh diabaikan apabila kondisinya tidak memungkinkan.

A. Penentuan Struktur Fungsi

a. Fungsi Keseluruhan

Fungsi ini digambarkan dalam diagram blok yang menunjukkan hubungan antara

masukan dan keluaran yang berupa aliran dari energi, material dan sinyal.

Fungsi dari *skid single line MPFM* ini adalah untuk menyangga dan melindungi *line MPFM* beserta seluruh sensor-sensor dan peralatan elektronik lainnya.



Gambar 1. Fungsi keseluruhan *skid single line MPFM*.

b. Struktur Fungsi

Struktur fungsi didefinisikan sebagai hubungan secara umum antara *input* dan *output* suatu sistem teknik yang akan menjalankan suatu tugas tertentu dari suatu subsistem yang telah ada maupun yang baru sehingga keduanya dapat diuraikan secara terpisah.

Struktur fungsi berdasarkan unsur utama dalam alat ini adalah sebagai berikut :

1. *Primary structure*.

Perlu dicari prinsip solusi agar didapatkan *primary structure* yang kuat, aman tapi mempunyai bobot yang relatif ringan dengan biaya yang tidak terlalu mahal.



Gambar 2. Fungsi *Primary Structure*.

2. *Pad eye*.

Perlu dicari prinsip solusi agar *pad eye* kuat mengangkat *skid* beserta isinya dengan aman dan mampu untuk tetap bekerja dengan normal pada suhu 70°C sampai -20°C.



Gambar 3. Fungsi Pad eye.

3. *Frame connector.*

Perlu dicari prinsip solusi agar *upper frame* dengan *base frame* dapat terhubung dengan aman tanpa mempersulit proses perakitan *line MPFM* ke dalam *skid* ini.



Gambar 4. Fungsi Frame connector.

4. *Line stabilizer.*

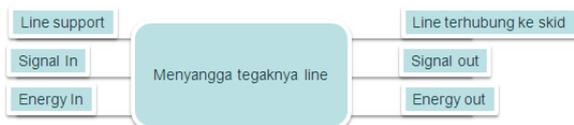
Perlu dicari prinsip solusi agar *line MPFM* yang berada di dalam *skid* tidak mengalami guncangan yang berarti selama transportasi.



Gambar 5. Fungsi Line stabilizer.

5. *Line support.*

Perlu dicari prinsip solusi untuk menyangga *line MPFM* agar bisa berdiri dengan sempurna di dalam *skid* dan tidak mudah *collapse* tetapi tidak sulit pemasangannya.

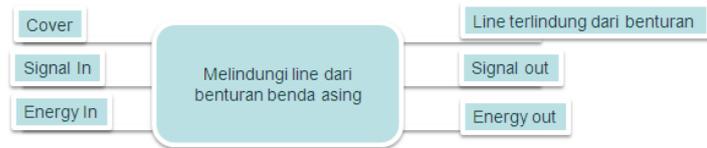


Gambar 6. Fungsi Line support.

6. *Cover.*

Perlu dicari prinsip solusi agar *line MPFM*, sensor-sensor beserta peralatan elektronik yang ada di dalam *skid* tidak mudah terkena gangguan dari benda asing tanpa

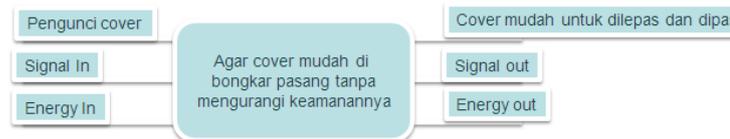
mengurangi kemudahan untuk mengaksesnya.



Gambar 7. Fungsi Cover.

7. *Pengunci cover.*

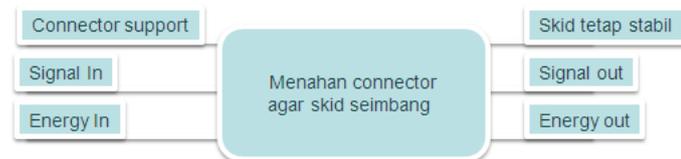
Perlu dicari prinsip solusi untuk penguncian *cover* sehingga mudah dibongkar-pasang tanpa alat khusus tetapi tetap kuat dan tak mudah lepas.



Gambar 8. Fungsi Pengunci cover.

8. *Connector support.*

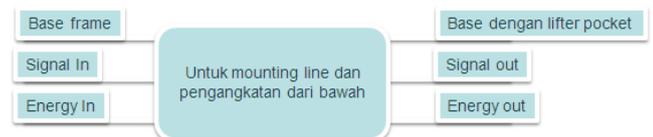
Perlu dicari prinsip solusi agar *connector* tidak membuat *collapse* unit *single line MPFM* ini tetapi bisa ditempatkan di posisi manapun.



Gambar 9. Fungsi Connector support.

9. *Base frame.*

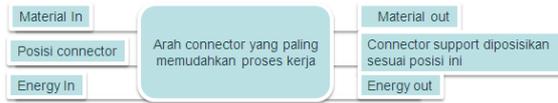
Perlu dicari prinsip solusi agar *base frame* mampu menahan beban dari *line MPFM*, selain itu juga harus berfungsi sebagai titik pengangkatan.



Gambar 10. Fungsi Base Frame.

10. *Posisi connector.*

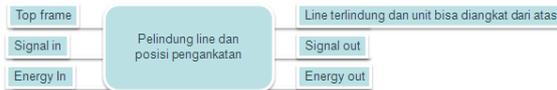
Perlu dicari prinsip solusi agar *connector* dan *support*-nya bisa diposisikan ke arah manapun sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar 11. Fungsi Posisi Connector.

11. Top frame.

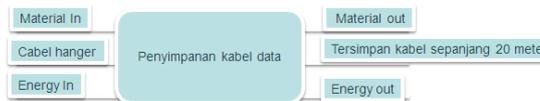
Perlu dicari prinsip solusi agar top frame bisa melindungi frame, kokoh tetapi bobot tidak terlalu berat dan tidak mengganggu proses perakitan line ke dalam frame-nya.



Gambar 12. Fungsi Top Frame.

12. Cable hanger.

Perlu dicari prinsip solusi agar kabel elektrik dan kabel data dapat disimpan dengan aman pada skid ini.



Gambar 12. Fungsi Cable Hanger

Tabel 2. Prinsip Solusi

Unit mesin	Perbaikan	Fungsi Bagian	Varian 1	Varian 2	Varian 3	Varian 4
1 Primary structure	Pada minimal 2mm Sisa 20% 2% Ada sertifikasi pengujian Bahan awal pengujian Penggunaan mudah	Membuat untuk primary structure dan frame	Square tube	Flap	Sid bar	Sid rail
2 Flat top	Sisa 20% 2% Penggunaan mudah	Untuk pengangkatan skid dari atas	No block	Dengan chisel plate		
3 Top frame	Penggunaan mudah Perakitan line ke dalam skid mudah	Pelindung dan penyangga line	Tertutup	Tertinggi		
4 Frame connector	Kuat menahan beban tarik, torsi, aksial dan tidak mudah terlepas	Menghubungkan top frame dengan base frame	Pi dengan pengelasan	Menggunakan baut	Menggunakan pin	
5 Line skid bar	Kuat Mudah di bongkar pasang Mampu menjaga kestabilan posisi line selama transportasi	Mengurangi gesekan selama transportasi	Square tube	Flap	Menggunakan pin	
6 Line support	Kuat menahan beban line Mudah dalam perakitan Mampu menjaga kestabilan posisi line	Sebagai penyangga dan mounting line	Square tube	Bracket	Sid bar	U-bolt
7 Cover	Kuat Mudah di pasang Mudah di bongkar pasang	Melindungi line dari benturan	Grating plate	Plastic	Dengan bahan	Plat berlubang
8 Hanger unit	Prinsip mekanis dengan Cover base di bongkar pasang dengan cepat	Sebagai unit yang akan menahan beban	Skid bar	Flap	Pin	Dengan pengelasan
9 Connector support	Kuat menahan beban connector Dapat dipasang dengan mudah	Mengurangi beban beban di line skid	Square tube	Flap	Besi pipi	Besi tumpul
10 Base frame	Spesifikasi dengan berbagai unit pendukung Kuat menahan beban line dan top frame	Untuk skid line dan pengangkatan skid dari bawah	Block	Transmisi	Roller/Permesinan	Tertutup
11 Cable hanger	Untuk menyimpan kabel dengan pengujian Mampu menyimpan 20 meter	Membuat untuk menyimpan kabel-kabel data	Bracket	Roller	Block	

B. Mencari dan Memilih Prinsip Solusi untuk Subfungsi Utama

Setiap subfungsi dalam struktur fungsi di atas haruslah dicari prinsip solusinya dan akan diuraikan berdasarkan unsur-unsur yang telah disebutkan di atas.

Berikut adalah tabel prinsip solusi yang berisi beberapa alternatif komponen yang dapat digunakan pada rancangan ini.

C. Memilih Variasi Kombinasi Terbaik

Karena ada 4 macam kombinasi, maka harus dilakukan suatu seleksi agar perancangan akhir bisa benar-benar mendekati tuntutan desain. Pengkajian terhadap variasi-variasi yang sudah ada harus dilakukan agar bisa mendapatkan kombinasi terbaik yang disajikan dalam tabel pemilihan variasi struktur fungsi pada tabel berikut.

Tabel 3. Pemilihan Variasi Struktur Fungsi

FTI PKK UMB TEKNIK MESIN		Tabel Pemilihan Variasi Struktur Fungsi Skid MPPM single line							
V a r i a n P r i n s i p S o l u s i	Kriteria Pemilihan		Keputusan						
	+ Ya		(+) Solusi yang dicari						
	- Tidak		(-) Hapuskan solusi						
	? Kurang informasi		(?) Kumpulkan informasi						
	! Periksa spesifikasi		(!) Lihat spesifikasi						
	Sesuai dengan fungsi keseluruhan								
	Sesuai dengan daftar kehendak								
	Secara prinsip dapat diwujudkan								
	Dalam batas biaya produksi								
	Pengetahuan tentang konsep memadai								
Sesuai keinginan perancang									
Memenuhi syarat keamanan									
A	B	C	D	E	F	G	PENJELASAN		
A1	+	+	+	+	+	+	Kuat, ringan, aman, manufaktur mudah		+
A2	+	+	+	+	-	+	Kuat, ringan, aman, manufaktur sulit		?
A3	-	-	+	+	-	-	Berat, manufaktur mudah		!
A4	-	-	+	+	-	-	Berat, manufaktur sulit		?
B1	+	+	+	+	+	+	Material banyak dan berat, manufaktur mudah		+
B2	+	+	+	+	+	+	Material lebih sedikit, manufaktur sulit		+
C1	-	-	+	+	-	-	Sulit untuk melakukan assembly line		!
C2	+	+	+	+	+	+	Assembly line lebih mudah		+
D1	-	-	+	+	-	+	Fix dengan base sulit untuk assembly line		!
D2	+	+	+	+	+	+	Kuat, tidak mudah lepas/kendor, aman		+
D3	+	+	+	+	+	-	Sederhana tapi rawan terlepas		!
E1	+	+	+	+	+	+	Kuat, manufaktur mudah, lebih ringan		+
E2	+	+	+	+	+	-	Murah, lentur, kurang aman		!
E3	+	+	+	+	-	+	Kuat manufaktur rumit		!
F1	-	-	+	+	-	-	Kurang aman mencegah gaya momen		!
F2	+	+	+	+	+	+	Kuat menahan momen dan berat line		+
F3	+	+	+	+	-	-	Manufaktur rumit, biaya mahal		!
F4	+	+	+	+	+	-	Murah, tidak aman mencegah gaya momen		?

FTI PKK UMB TEKNIK ME SIN		Tabel Pemilihan Variasi Struktur Fungsi Skid MPPM Single Line							
V a r i a n i n g S o l u s i	Kriteria Pemilihan		Keputusan						
	+ Ya		(+) Solusi yang dicari						
	- Tidak		(-) Hapuskan solusi						
	? Kurang informasi		(?) Kumpulkan informasi						
	! Periksa spesifikasi		(!) Lihat spesifikasi						
	Sesuai dengan fungsi keseluruhan								
	Sesuai dengan daftar kehendak								
	Secara prinsip dapat diwujudkan								
	Dalam batas biaya produksi								
	Pengetahuan tentang konsep memadai								
Sesuai keinginan perancang									
Memenuhi syarat keamanan									
PENJELASAN									
A	B	C	D	E	F	G			
G1	+	-	+	+	+	-	+	Manufaktur mudah, Akses ke line sulit	!
G2	+	-	+	+	+	-	+	Manufaktur mudah, Akses ke line sulit	!
G3	+	+	+	+	+	+	+	Manufaktur dan akses ke line mudah	+
G4	+	+	+	-	+	-	+	Biaya mahal, manufaktur sulit	!
H1	+	+	+	+	+	+	+	Aman, mudah digunakan	+
H2	+	-	+	+	+	-	+	Aman, harus pakai alat untuk membuka	!
H3	+	+	+	+	+	-	+	Aman, mudah tapi kurang erat	!
H4	-	-	+	+	+	-	+	Aman tapi sulit untuk akses ke line	-
I1	+	+	+	+	+	+	+	Aman, kuat, manufaturing mudah	+
I2	+	+	+	+	+	-	-	Kuat, tidak aman karena bulat	?
I3	+	+	+	-	-	-	+	Aman, kuat, terlalu berat	!
I4	+	+	+	-	-	-	-	Kuat, tidak aman karena bulat, berat	?
J1	+	-	+	+	+	-	+	Hanya bisa dipindah dengan forklift	!
J2	+	-	+	+	+	-	+	Hanya bisa dipindah dengan transpallet	!
J3	+	+	+	+	+	+	+	Bisa dipindah dengan forklift dan transpallet	+
J4	+	+	+	+	+	-	-	Sulit jika di lokasi tidak ada crane	-
K1	+	+	+	+	+	+	+	Kuat, aman dan terlindung	+
K2	+	+	+	+	+	-	+	Kuat, aman, tidak terlindung	!

Tabel 4. Alternatif Jalur Variasi

Usur mesin	Perawatan	Fungsi Bagian	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
A Primary structure	Tidak mungkin dim. Susah di V1, Akses sulit, Ringan, Bobot kecil, Ringan, Pengerjaan mudah	Materi untuk primary structure dan frame	Square tube	Pipe	Split bar	Solid shaft
B Roll eye	Susah di V1, Pengerjaan mudah	Untuk penggerakan silid dan eras	Roller bush	Dengan roller bush		
C Top frame	Pengerjaan mudah, Perawatan line ke dalam silid mudah	Perلود dan perunggu line	Perلود	Perلود		
D Panel connector	Kuat menahan beban total unit, Aman dan tidak mudah tergesak	Menghubungkan top frame dengan base frame	Penghubung	Kuat	Fit	
E Line stabilizer	Kuat, Mudah di bongkar-pasang, Mampu menjaga ke stabilan posisi line dalam transportasi	Mencegah getaran selama transportasi	Square tube	Pipe	Hang am	
F Line support	Kuat menahan beban line, Mudah dalam perakitan, Mampu menjaga ke stabilan posisi line	Sebagai tumpuan dan mounting line	Square tube	Bracket	Solid block	U-bit
G Cover	Kuat, Mudah dibongkar, Mudah di bongkar-pasang	Melindungi line dan bentuknya	Grid plate	Grid bar	Dengan beral	Panel berlubang

Dari tabel 3. tersebut dapat dikembangkan lagi menjadi alternatif jalur variasi prinsip solusi yang akan menghasilkan 4 varian rancangan (tabel 4.).

Usur mesin	Perawatan	Fungsi Bagian	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
A Pengalihan	Aman dan mudah eras, Bisa di bongkar-pasang dengan mudah	Mengontrol dan eras tidak mudah eras	Quick lock	Ball	Pin lock	Dengan pengalihan
I Connector support	Kuat menahan berat di connector, Dapat di bongkar dengan mudah	Mengurangi dan mengurangi AP/View	Square tube	Pipe	Ball joint	Ball joint
J Base frame	Dapat di bongkar dengan berbagai cara, Mudah	Untuk melindungi line dan penggerakan silid dan beban	Roller	Track roller	Roller dengan pin	Roller
K Label holder	Dapat menyipat, 4 kade dengan panjang masing masing 20 meter	Perlu perawatan kade-kade data	Bracket	Roller	Roller	Roller

Kemudian jalur variasi prinsip solusi diatas diberikan penilaian sebagaimana yang diperlihatkan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 5. Penilaian Variasi 1

No.	Kriteria	Bobot (Wi)	Parameter	Nilai Variasi 1	Sub total
				Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	9	1,62
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan customer	8	0,4
3	Mudah dirakit	0,1	Kecepatan dan ketepatan merakit	9	0,9
4	Jumlah komponen	0,07	Jumlah komponen	7	0,49
5	Sederhana	0,06	Tingkat kerumitan komponen	8	0,48
6	Komponen mudah didapat	0,15	Ketersediaan di pasar lokal	8	1,2
7	Rangka dan tidak berat	0,2	Faktor transportasi	10	2
8	Mudah dalam perawatan	0,05	Biaya perawatan	8	0,4
9	Toleransi bentuk dan dimensi	0,08	Ketepatan ukuran dan bentuk	8	0,64
10	Komponen mudah dibuat	0,06	Mudah dalam pengerjaan	8	0,48
		1		83	8,61

Tabel 6. Penilaian Variasi 2

No.	Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai Varian 2	Sub total
		(Wi)		Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	7	1,26
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan <i>customer</i>	7	0,35
3	Mudah dirakit	0,1	Kecepatan dan ketepatan merakit	7	0,7
4	Jumlah komponen	0,07	Jumlah komponen	7	0,49
5	Komponen sederhana	0,06	Tingkat kerumitan komponen	5	0,3
6	Komponen mudah didapat	0,15	Ketersediaan di pasar lokal	8	1,2
7	Ringkas dan tidak berat	0,2	Faktor transportasi	8	1,6
8	Mudah dalam perawatan	0,05	Biaya perawatan	8	0,4
9	Toleransi bentuk dan dimensi	0,08	Ketepatan ukuran dan bentuk	7	0,56
10	Komponen mudah dibuat	0,06	Mudah dalam pengerjaan	6	0,36
		1		70	7,22

Tabel 7. Penilaian Variasi 3

No.	Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai Varian 3	Sub total
		(Wi)		Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	9	1,62
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan <i>customer</i>	6	0,3
3	Mudah dirakit	0,1	Kecepatan dan ketepatan merakit	9	0,9
4	Jumlah komponen	0,07	Jumlah komponen	5	0,35
5	Komponen sederhana	0,06	Tingkat kerumitan komponen	7	0,42
6	Komponen mudah didapat	0,15	Ketersediaan di pasar lokal	8	1,2
7	Ringkas dan tidak berat	0,2	Faktor transportasi	6	1,2
8	Mudah dalam perawatan	0,05	Biaya perawatan	7	0,35
9	Toleransi bentuk dan dimensi	0,08	Ketepatan ukuran dan bentuk	7	0,56
10	Komponen mudah dibuat	0,06	Mudah dalam pengerjaan	8	0,48
		1		72	7,38

Tabel 8. Penilaian Variasi 4

No.	Kriteria	Bobot	Parameter	Nilai Varian 3	Sub total
		(Wi)		Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	7	1,26
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan <i>customer</i>	5	0,25
3	Mudah dirakit	0,1	Kecepatan dan ketepatan merakit	7	0,7
4	Jumlah komponen	0,07	Jumlah komponen	6	0,42
5	Komponen sederhana	0,06	Tingkat kerumitan komponen	6	0,36
6	Komponen mudah didapat	0,15	Ketersediaan di pasar lokal	8	1,2
7	Ringkas dan tidak berat	0,2	Faktor transportasi	6	1,2
8	Mudah dalam perawatan	0,05	Biaya perawatan	7	0,35
9	Toleransi bentuk dan dimensi	0,08	Ketepatan ukuran dan bentuk	7	0,56
10	Komponen mudah dibuat	0,06	Mudah dalam pengerjaan	7	0,42
		1		66	6,72

Setelah mendapatkan nilai dari evaluasi setiap prinsip solusi maka dipilihlah rancangan dengan nilai tertinggi pada tabel berikut:

Tabel 9. Kesimpulan Nilai Evaluasi per Varian

No.	Penilaian evaluasi	Nilai
1	Varian 1	8,61
2	Varian 2	7,22
3	Varian 3	7,38
4	Varian 4	6,72

Dari tabel di atas maka yang dipilih adalah varian 1 dengan nilai tertinggi karena varian ini lebih sesuai dengan permintaan dan spesifikasi yang diinginkan *customer* dan perancang. Varian ini memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban kerja, bobot tidak terlalu berat dan mudah dalam proses permesinan karena berupa *tubing* persegi empat, serta peralatan dan asesoris yang sederhana dan mudah dioperasikan.

Varian 4 merupakan varian dengan nilai terkecil dikarenakan bentuk *primary structure* yang bulat dan pejal sehingga sangat sulit dalam proses permesinan serta bobot yang relatif berat. Karena bentuknya yang

pejal sehingga sambungan yang termudah adalah sambungan pengelasan yang mengakibatkan sulitnya perakitan dan akses untuk perawatan unit.

SIMPULAN DAN SARAN

Dari metode VDI 2221 telah dapat dihasilkan rancangan suatu produk generasi terbaru dengan dimensi yang kecil, bobot yang ringan tapi tetap kuat menahan beban lebih dari 800kg dan kokoh menjaga *line MPFM* dari benturan benda lain.

Rancangan ini didapatkan melalui penjabaran metode VDI 2221 dengan memilih varian 1 karena mempunyai nilai tertinggi dari hasil penilaian varian prinsip solusi. Keunggulan varian ini terletak pada kesesuaian antara permintaan dan spesifikasi yang telah ditentukan, cukup kuat untuk menerima beban kerja, bobot yang relatif ringan, mudah dalam proses permesinan karena berupa *tubing* persegi empat, peralatan dan asesoris yang sederhana memudahkan perakitan, pengoperasian dan perawatannya.

Untuk proses perancangan dengan *schedule* yang singkat dan ketat, pembuatan variasi yang detail serta gambar produk per variasi suatu waktu akan menjadi beban dan membuang banyak waktu dan pikiran. Dalam hal ini pembuatan tabel prinsip solusi bisa disederhanakan dengan sketsa tangan sederhana atau sekedar deskripsi tulisan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budynas, Richard G., and J. Keith Nisbett. 2008. *Shigley's Mechanical Engineering Design 8th Edition in S.I Unit*. New York : McGraw-Hill.
- Mott, Robert L. 2004. *Machine Elements in Mechanical Design 4rd Edition*. New Jersey : Pearson Prentice Hall.
- Singer, Ferdinand L., and Andrew Pytel. 1985. *Kekuatan Bahan edisi Ketiga (Teori Kokoh – Strength of Material)*. Jakarta : Erlangga.
- Ugural, Ansel C. 2003. *Mechanical Design An Integrated Approach*. Singapore : The McGraw-Hill Companies. Inc.
- Maraven, 1997. "A Multiphase Flow Meter New Technology for Well Testing", *Ingenios*, vol. 26.
- Mechanical Standard Components*. 2007. Misumi Corporation

Mofunlewi, Samuel S., Joseph A. Ajenka and D. Appah, 2008. "Determination of Multiphase Flow Meter Reliability and Development of Correction Charts for the Prediction of Oilfield Fluid Flow Rates", *Leonardo Journal of Sciences*, vol.12 : 1583 – 0233.

Ruli Nutranta. 2008. *Modul Perancangan Produk*. Jakarta : Universitas Mercu Buana.