

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, kepresisionan dan kehandalan dari alat yang didesain tersebut.

METODE PENELITIAN

Kesempurnaan produk yang dibuat sangat ditentukan oleh ketepatgunaan 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 manufakturing

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

			sendiri bisa dipindah posisikan dengan mudah.
22		D	<i>Connector API</i> 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.

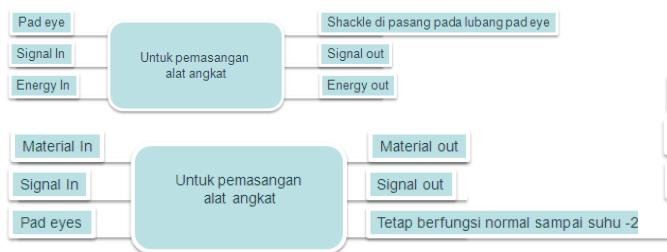
Perlu dicari prinsip solusi agar didapatkan *primary structure* yang kuat, aman tapi mempunyai bobot yang relatif ringan dengan biaya yang tidak terlalu mahal.



Gambar 2. Fungsi *Primary Structure*.

2. Pad eye.

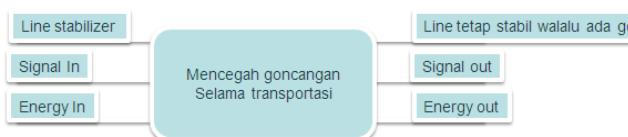
Perlu dicari prinsip solusi agar *pad eye* kuat mengangkat *skid* beserta isinya dengan aman dan mampu untuk tetap bekerja dengan normal pada suhu 70°C sampai -20°C.



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.

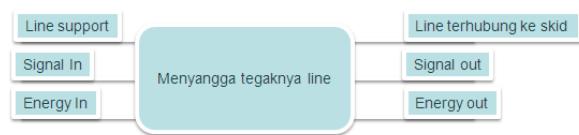
Perlu dicari prinsip solusi agar *line MPFM* yang berada di dalam *skid* tidak mengalami guncangan yang berarti selama transportasi.



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.

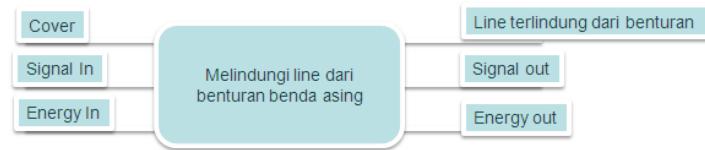


Gambar 6. Fungsi Line support.

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

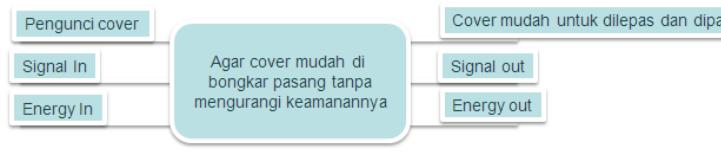
mengurangi kemudahan untuk mengaksesnya.



Gambar 7. Fungsi Cover.

7. Pengunci cover.

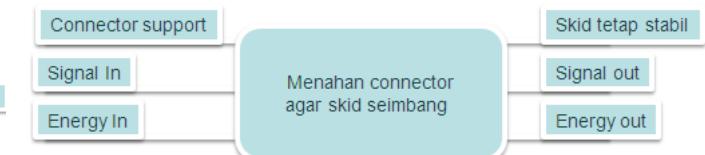
Perlu dicari prinsip solusi untuk penguncian *cover* sehingga mudah dibongkar-pasang tanpa alat khusus tetapi tetap kuat dan tak mudah lepas.



Gambar 8. Fungsi Pengunci cover.

8. Connector support.

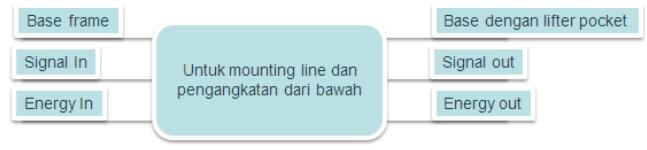
Perlu dicari prinsip solusi agar *connector* tidak membuat *collapse* unit *single line MPFM* ini tetapi bisa ditempatkan di posisi manapun.



Gambar 9. Fungsi Connector support.

9. Base frame.

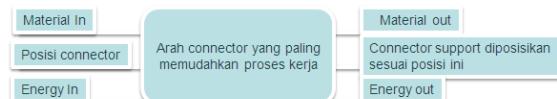
Perlu dicari prinsip solusi agar *base frame* mampu menahan beban dari *line MPFM*, selain itu juga harus berfungsi sebagai titik pengangkatan.



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.

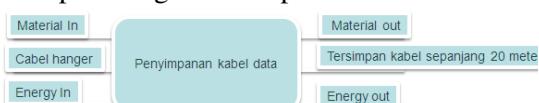
Perlu dicari prinsip solusi agar *top frame* bisa melindungi *frame*, kokoh tetapi bobot tidak terlalu berat dan tidak mengganggu proses perakitan *line* ke dalam *frame*-nya.



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

Uraian mesin	Pengaruh	Fungsi Bagian	Varian 1	Varian 2	Varian 3	Varian 4
A Frame structure	Diketahui bahwa dimensi Grosir DIN 174. Adanya perbedaan dalam wall height pergesekan muka	Membentuk struktur frame	Square tube	Pipa	Solid bar	Solid sheet
B Rail type	Grosir DIN 174. Pergesekan muka	Untuk pengangkutan sisi dan lalu	Slat track	Steiger track rail		
C Top frame	Pergesekan muka Paralelisme liur ke dalam dan mudah	Pembentuk dan menjaga liur	Tebung	Terpal		
D Frame connector	Kuaternion bahan total untuk kunci dan tidak mudah terlepas	Menghubungkan frame dengan back frame	PVC dengan pengaitan	Hinge rod back	Steiger plan pin	
E Line positioner	Kunci Mudah dibongkar pasang Wangsinya mengikuti posisi line ketika dilakukan proses	Mengaitkan gerakan selama transportasi	Square tube	Pipa	Wangsinya	
F Line support	Kuaternion bahan liur Kuaternion pergelangan Wangsinya mengikuti posisi line	Setiap support dan mounting liur	Square tube	Brace	Solid bar	U-Bar
G Cover	Kunci Mudah dibuka Mudah dibongkar pasang	Melindungi line dari bantuan	Grating pipe	Plaster	Denigr beton	Plat besi/tulangan
H Connector corner	Kuaternion bahan Diketahui bahwa yang dilengkapi sudut	Untuk koneksi dua line yang dilengkapi sudut	Square tube	Pipa	Bar setia	Bar setia
I Connector support	Kuaternion bahan connector Dapat dipindah dengan mudah	Mengaitkan sambungan alat liur	Square tube	Steiger	Forklift transpor	Steiger
J Base frame	Dapat dipindah dengan bebas alat pemotong Kuaternion bahan liur dasar frame	Untuk di bawah line yang dilengkapi liur dasar bawah	Solid bar	Transpal	Forklift transpor	Steiger
K Cable hanger	Diketahui mengikuti kabel dengan pergesekan muka mengikuti 20 cm	Untuk mengaitkan kabel-kabel liur dasar	Bracket	Hook	Bracket	Bracket

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

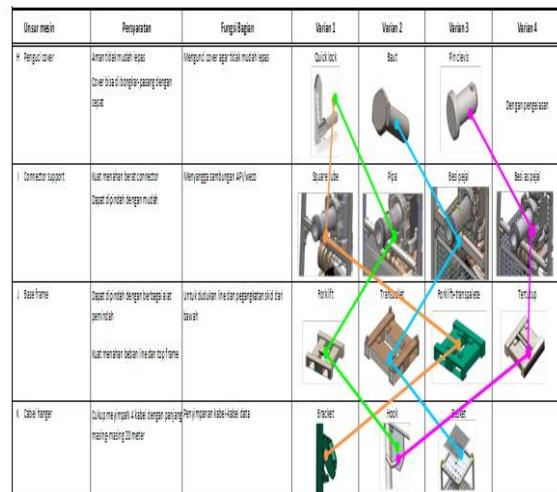
FTI PKK UMB TEKNIK MESIN							Tabel Pemilihan Variasi Struktur Fungi Skid MPFM single line						
V a r i a c i o n P r i n c i p S o l u s i o n A r t i f i c h e r o g y	Kriteria Pemilihan						Keputusan						
	+ Ya	(+) Solusi yang dicari											
	- Tidak	(-) Hapuskan solusi											
	? Kurang 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, manufakturing mudah						
A2	+	+	+	+	+	-	Kuat, ringan, aman, manufakturing sulit						
A3	+	-	+	+	+	-	Berat, manufakturing mudah						
A4	+	-	+	+	+	-	Berat, manufakturing 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, manufakturing mudah, lebih ringan						
E2	+	+	+	+	+	+	Murah, lentur, kurang aman						
E3	+	+	+	+	+	-	Kuat manufakturing 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 MESIN							Tabel Pemilihan Variasi Struktur Fungsi Skid MPFM Single Line						
Variasi Prinsip Solusi	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													
Menyetujui syarat keamanan													
PENJELASAN													
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, manufakturing 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 transpallete					
J3	+	+	+	+	+	+	+	Bisa dipindah dengan forklift dan transpallete					
J4	+	+	+	+	-	-	-	Sulit jika di lokasi tidak ada crane					
K1	+	+	+	+	+	-	+	Kuat, aman dan terlindung					
K2	+	+	+	+	-	+	!	Kuat, aman, tidak terlindung					

Tabel 4. Alternatif Jalur Variasi

User main	Pengawatan	Fungsi Bagian	Varian 1	Varian 2	Varian 3	Varian 4
1 Primary structures	Table minima dim Stand DIN 274 Aksesoris pengaman beroperasi Ringan mudah	Material untuk primary structure dan frame	Square tube	Pipe	Solid bar	Solid steel
2 Pad eye	Stand DIN 274 Ringan mudah	Untuk pengepasan dan akses	Pad eye	Dengan check valve		
3 Top frame	Ringan mudah Penahan line dan frame mudah	Penahan dan penyangga line	Transpalate	Transpalate		
4 Pinnes connector	Kuat merahan beban tot Aman dan tidak mudah rusak	Merhubungkan top frame dengan base frame	Pinne	But	F	
5 Line stabilizer	Kuat Mudah di bongkar-pasang Namun menggangu stabilitas posisi line ketika transpalate	Merengkuh gerakan dan transportasi	Square tube	Brace	Brace arm	
6 Line support	Kuat merahan beban line Mudah dalam pemasangan Namun menggangu stabilitas posisi line	Sebagian kumpulan dan mounting line	Square tube	Brace	Solid block	U-Bolt
7 Cover	Kuat Mudah dibuat Mudah dongsong pasang	Welding line dan bentuk	Drilling pipe	Plate bar	Bentuk	Plate bending

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



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 Varian 1	Sub total
				Vi	Wi.Vi
1	<i>Safety</i>	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	Komponen sederhana	0,06	tingkat kerumitan komponen	8	0,48
6	Komponen mudah didapat	0,15	Ketersediaan di pasar lokal	8	1,2
7	Ringkas 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 pengrajin	8	0,48
		1		83	8,61

Tabel 6. Penilaian Variasi 2

No.	Kriteria	Bobot (Wi)	Parameter	Nilai Varian 2	Sub total
				Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	7	1,26
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan customer	5	0,25
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 (Wi)	Parameter	Nilai Varian 3	Sub total
				Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	9	1,62
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan customer	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 (Wi)	Parameter	Nilai Varian 3	Sub total
				Vi	Wi.Vi
1	Safety	0,18	Tidak membahayakan pengguna	7	1,26
2	Indah dilihat	0,05	Kepuasan customer	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 Nissbet. 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. Ajienka 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.