

## RANCANG BANGUN SISTEM KODIFIKASI FLARE TIP MENGUNAKAN PENDEKATAN GROUP TECHNOLOGY

Sally Cahyati Medy Rioma

Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti

Jl. Kyai Tapa No.1 Jakarta, Indonesia

E-mail: sallycahyati@gmail.com medymesin@gmail.com

**Abstrak** -- Tren digitalisasi dalam industri manufaktur saat ini merupakan suatu kunci bagi terwujudnya proses manufaktur yang efektif dan efisien. Hal ini terutama menyangkut kualitas, waktu dan biaya produksi produk. Daya saing suatu produk akan meningkat jika ketiga hal tersebut dapat dioptimalkan. Permasalahannya adalah seringnya waktu yang terbuang karena harus melakukan proses perancangan dan perencanaan produk yang berulang pada produk-produk yang mempunyai kemiripan. Sistem kodifikasi merupakan konsep yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Sebagai langkah awal, pendekatan GT (group technology) akan digunakan dalam membangun sistem kodifikasi untuk produk-produk flare tip yang merupakan salah satu komponen penting dari flare stack. Hasil yang diharapkan dari perancangan sistem kodifikasi adalah waktu yang diperlukan untuk membuat desain produk dan perencanaan proses untuk produk-produk yang serupa dapat dipersingkat dan lebih sistematis dibandingkan menggunakan cara-cara konvensional.

**Kata kunci** : Desain, Sistem Kodifikasi, Grup Teknologi, Flare Tip

**Abstract** – Digitization trend in manufacturing industry is a key for realizing an efficient and effective manufacturing process. It mainly concerns in the quality, time and cost of production process. The competitiveness of a product will increase if the three things can be optimized. The problem is the frequently emerging wasting time because there is a repetition of the process of product design and production planning for the products have similarities. The coding system is a right concepts solution for the problem. As a first step, group technology's approach will be used to generate the coding system for flare tip products as an important part of flare stack. The expected result of coding system design is the time needed to make the design product and process planning for the similar products can be shortened and more systematic than using the conventional ways.

**Keywords**: Design, Coding System, Group technology, Flare Tip

### PENDAHULUAN

Sering terlihat di suatu kilang minyak dan gas bumi ada menara dengan api yang menyala-nyala pada ujungnya, menara tersebut dinamakan flare stack (Berrouane and Lounis, 2016) (Oriji and Moses, 2017). Pada bagian ujung flare stack dilengkapi dengan burners dan wind shield yang dapat membantu proses pembakaran. Flare stack merupakan bagian sistem flare system yang umum digunakan pada kilang minyak dan gas bumi untuk mengurangi tekanan berlebih yang tidak direncanakan. Hal ini untuk menjaga agar seluruh tekanan dalam kilang minyak stabil pada rentang tekanan yang diijinkan sesuai dengan ketentuan standar. Tekanan ini dikurangi dengan cara membuang sebagian minyak, gas bumi atau material lain yang berbahaya (yang terbawa saat proses dan tidak diinginkan) dengan membuka katup dan mengalirkannya ke dalam sistem pipa yang disebut flare head yang kemudian akan dibakar

dan dilepaskan oleh flare stack. Ada dua hal penting pada proses pembakaran ini. Pertama, minyak/gas bumi yang dikirim ke flare stack mempunyai nilai ekonomi yang signifikan sehingga harus dicari nilai paling optimal dimana minyak/gas bumi yang terbakar harus mempertimbangkan minimal kerugian kehilangan profit dan menekan semaksimal mungkin kecelakaan proses di kilang akibat kelebihan tekanan. Kedua, minyak/gas bumi dan material lain yang dialirkan ke flare stack kemungkinan mengandung material berbahaya saat terjadinya pembakaran dan dapat membahayakan lingkungan (Ismail and Umukoro, 2012).

Mengingat flare tip merupakan bagian dari flare stack, yang sangat berpengaruh pada keberhasilan proses pembakaran tersebut, maka seringkali bagian ini yang menjadi fokus utama dalam perawatan baik yang bersifat preventif maupun prediktif (Oriji and Moses, 2017). Hal ini meningkatkan kebutuhan flare tip baik dari segi

kuantitas dan kualitas telah, dan mendorong dilakukannya beberapa penelitian (Ismail and Umukoro, 2012).

Departemen pabrikasi PT Kota Minyak Internusa (PT KMI) masih menggunakan sistem tradisional dalam pembuatan bagian-bagian dari *flare system*. Proses pabrikasi yang dilakukan pada departemen ini adalah merakit produk dari beberapa komponen melalui beberapa tahapan yang sesuai dengan spesifikasi pelanggan, standar, dan desain rekayasa. Kesulitan utama yang sering ditemui dalam proses pabrikasi adalah memproduksi produk, dengan bagian-bagian yang sangat mendetail, sehingga desainer harus merancang dengan teliti varian yang diinginkan. Kurang sistematisnya penyimpanan file pada departemen ini membuat perancang selalu membuat desain dan perancangan prosesnya dari awal setiap ada pesanan. Padahal produk yang dipesan kebanyakan mempunyai kesamaan, hanya berbeda tipe saja. Jika ingin menggambar varian komponen yang bentuk dan dimensinya hampir sama dengan komponen yang sudah digambar, desainer harus mencari file gambar pekerjaan sebelumnya yang mendekati desain yang akan dibuat selanjutnya. Setelah menemukannya, barulah desainer dapat melakukan penggambaran ataupun pengembangan dari gambar tersebut. Proses mencari file gambar, sampai penggambaran ulang seringkali membutuhkan waktu yang lama karena dilakukan dengan manual. Hal ini tentu saja mempengaruhi waktu mendesain ulang dan membuat produksi yang semakin lama. Salah satu produk yang sering dipesan adalah *flare tip* yang merupakan bagian penting dari *flare stack* (Orij and Moses, 2017).

*Group Technology* (GT), meskipun sudah digunakan dalam lingkungan manufaktur sejak akhir tahun 1950-an, namun masih menarik minat produsen dan peneliti untuk karena banyak pemanfaatannya untuk meningkatkan produktivitas (Noktehdan *et. al*, 2017) (Khana, Arneja and Khumar, 2014).

GT adalah sebuah filosofi dalam dunia manufaktur yang mengidentifikasi dan mengelompokkan komponen-komponen yang serupa ke dalam *part family* dengan memanfaatkan kesamaan dalam hal rancangan produk dan proses fabrikasi dalam siklus manufaktur. GT bertujuan untuk mengurangi waktu *setup*, aktivitas penanganan material, waktu *throughput*, *inventori in-process*, kebutuhan ruangan, waktu *idle* mesin, dan kompleksitas kontrol, yang pada gilirannya akan meningkatkan efisiensi produksi. Dalam aplikasinya, GT bermanfaat untuk mengoptimasi

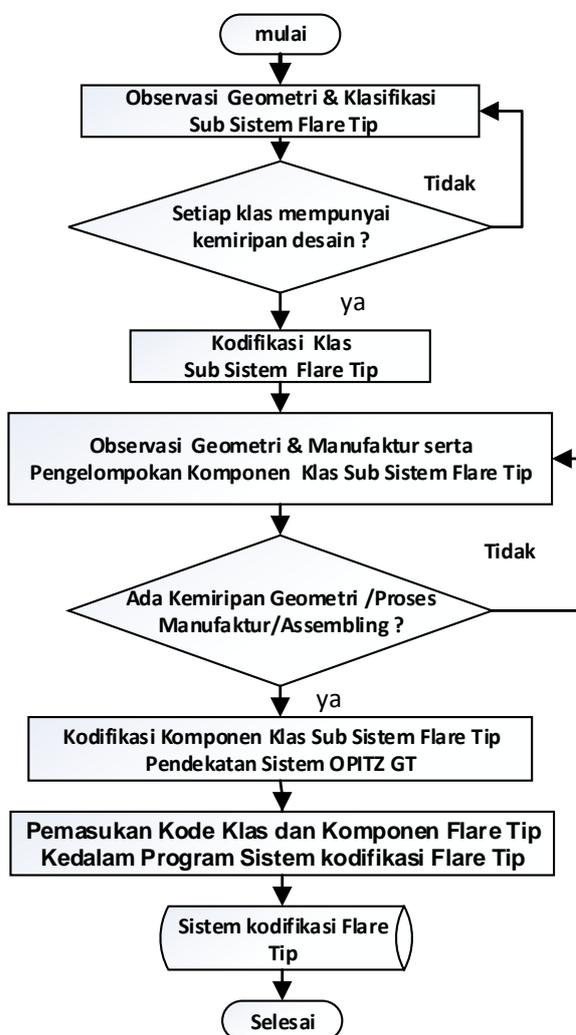
perencanaan dalam proses pabrikasi, karena bentuk yang sama mengacu pada proses pabrikasi sama untuk material yang sama. Teknologi GT telah diterapkan dalam berbagai bidang diantaranya proses manufaktur (Khana, Arneja and Khumar, 2014), dikombinasikan dengan *lean production* untuk meningkatkan produktivitas (Shahin, 2010), digabungkan dengan PFA (*Production Flow Analysis*) untuk membuat *layout* di industri furnitur (Suzic *et. al.*, 2012). GT juga digunakan untuk menyusun sel manufaktur pada sistem manufaktur (Prasath and Johnson, 2015). Selain di industri manufaktur GT juga dimanfaatkan di Industri pengolahan ikan untuk mengoptimasi prosedur proses manufaktur (Rodriguez *et. al.*, 2009). Sistem kodifikasi Opitz (*Opitz Coding System*) dalam GT sangat membantu dalam mengetahui golongan suatu komponen, sehingga desainer dapat dengan mudah mengidentifikasi komponen yang sudah ada maupun yang baru. Hal ini dikarenakan, semua komponen yang mempunyai kemiripan bentuk dan dimensi akan digolongkan.

## METODOLOGI

Produk yang akan menjadi objek dalam penerapan GT adalah *flare tip* yang merupakan sub sistem dari *flare system*. Pada penelitian ini yang akan dikelompokkan hanya sub sistem / sub susunan *flare tip*. *Flare tip* yang diobservasi memiliki berbagai tipe dan jumlah komponen yang banyak. Pada tahap pertama tipe-tipe ini nantinya akan diklasifikasi dan diberi kode. Selanjutnya untuk tahap kedua komponen-komponen dari setiap sub sistem *flare tip* dibuat kodifikasinya dengan pendekatan sistem OPITZ GT, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.

Kedua pengamatan akan menggunakan cara observasi untuk melihat kemiripan geometrik dari berbagai tipe *flare tip* yang ada di perusahaan. Observasi ini dilakukan secara visual berdasarkan data gambar susunan dan komponen *flare tip* yang telah digambar menggunakan *software Auto CAD*. Setelah itu berbagai tipe *flare tip* dikelompokkan menjadi beberapa kelas, kemudian dibuat dibuatkan kodifikasinya. Pada tahap kedua, komponen-komponen dari berbagai tipe sub sistem *flare tip* juga diobservasi kemiripannya dengan menggunakan cara yang sama namun selain desain, kemiripan proses manufaktur dan assemblingnya juga dipertimbangkan. Pada tahap kedua ini kodifikasi mengikuti pendekatan sistem *Opitz*. Berdasarkan pertimbangan bahwa klien perusahaan kebanyakan adalah perusahaan internasional maka untuk lebih mudahnya penamaan komponen dalam sistem kodifikasi ini dibuat dalam bahasa Inggris.

Setelah itu dilakukan implementasi sistem dengan menggunakan *adobe acrobat pro*, sehingga desainer hanya perlu menginput digit kode kelas/tipe dari sub sistem. Kemudian untuk komponennya hanya perlu memasukan digit kodenya atau mengeklik pada gambar sub susunan *flare tip* sesuai dengan varian komponen yang diinginkan. Hasil keluaran program berupa gambar model 2D atau 3D. Selanjutnya komponen tersebut dapat langsung ditampilkan dalam bentuk gambar kerja, beserta dimensi dan penjelasan lainnya. Dengan implementasi ini, desainer lebih mudah dalam mencari dan membuat gambar komponen yang diinginkan sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga serta mendukung proses pengembangan produk.



Gambar 1. Flowcart Metodologi Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah awal yang dilakukan adalah pengumpulan data desain sub susunan *flare tip*.

Umumnya desain flare tip dibuat dalam model 3D dan gambar 2D susunan / rakitannya yang dilengkapi dengan gambar 2D dari komponen-komponen masing-masing *flare tip*.

Terdapat beberapa desain *flare tip* dari pemesanan konsumen yang berbeda. Desain tersebut mempunyai komponen dengan geometri dan ukuran yang mirip, serta jumlah komponen yang bervariasi. Hasil observasi dari beberapa tipe sub sistem/sub susunan *flare tip*, diperoleh ada 9 parameter yang dapat dijadikan sebagai acuan klasifikasi dalam proses kodifikasi tahap pertama dan diberi kode 1 sampai dengan 9, seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Klasifikasi Sub Sistem *Flare Tip*

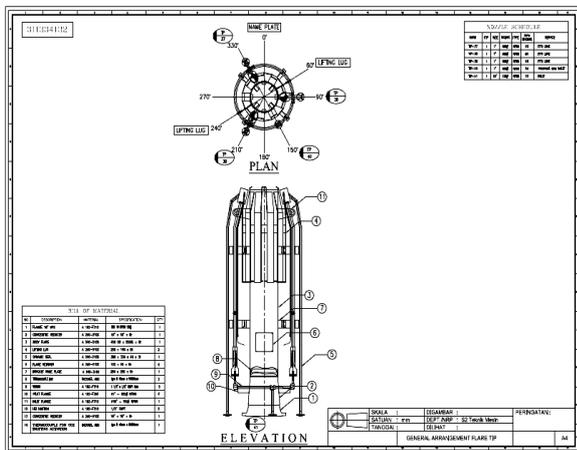
Description	Digit
Ignition System	1
Tipe Flare Tip	2
Connection	3
Number of Windshield	4
Number of Pilot	5
Dimensions	6
Material	7
Original Shape of Raw Material	8
Accuracy	9

Langkah berikutnya adalah menggabungkan kode klasifikasi dengan kode varian desain *flare tip* kedalam tabel sistem kodifikasi klasifikasi sub sistem *flare tip*. Hal ini dilakukan dengan cara memasukkan komponen-komponen ke dalam sistem kodifikasi yang terdiri dari beberapa digit angka untuk komponen detail atau bagian-bagian dari flare tip. Masing-masing digit melambangkan jenis fitur yang terdapat pada komponen ini. Penjelasan tentang kesembilan digit kodifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 tersebut kemudian dimasukkan kedalam database program dan ditautkan kepada bagian pembuka dan penutup program, sehingga dengan mengeklik ukuran atau atau memasukan kode dari sub susunan *flare tip*, akan keluar tampilan gambar sub susunan *flare tip* dan model 3D nya. Verifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah pengklasifikasian sudah berjalan benar. Pada Gambar 2 dapat dilihat tampilan gambar susunan *flare tip* jika pada program di klik ukuran *flare tip* 16" atau memasukan kode 311334132, maka akan muncul Gambar 2.

Tabel 2. Kodifikasi Sub Susunan *Flare Tip* ( Tahap 1)

DIGIT	1	2	3	4	5	6	7	8	9
CODE	IGNITION SYSTEM	TYPE OF FLARE TIP	CONNECTION	NUMBER OF WIND SHIELD	NUMBER OF PILOT	DIMENSION	MATERIAL	ORIGINAL SHAPE OF MATERIAL	ACCURACY
1	DIRECT SPARK	SINGLE POINT	FLANGE	8	1 PILOT	4"	STAINLES S STEEL	CYLINDER	±0 mm
2	FFG	MULTI POINT	WELDED	10	2 PILOTS	1-1/2"	CARBON STEEL	PIPE	±3 mm
3	COMBINE DIRECT SPARK AND FFG	ALL OTHERS	THREADED	12	3 PILOTS			PLATE	
4				14		1"	INCONEL 800		±5 mm
5				16		3/4"			±10 mm
6				18		1/2"			
7						6 mm			
						8 mm			



Gambar 2. Sub Susunan *Flare Tip* 16" (311334132)

Tabel 3 Arti Kode 311334132

311334132		
Digit	Code	Description
1	3	Combine Direct Spark and FFG System
2	1	Single Point
3	1	Flange
4	3	12"
5	3	3 Pilots
6	4	16"
7	1	SS
8	3	Plate
9	2	3mm

Berdasarkan penggolongan komponen pada Tabel 4 kemudian disusun detail kode dari masing-masing digit, mulai dari digit 1 (*part class*) sampai digit 10 (*process*) yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Kode tersebut mengandung arti sebagaimana yang terlihat pada Tabel 3.

Pada tahap kedua, dilakukan kodifikasi untuk komponen-komponen dari sub susunan *flare tip* menggunakan pendekatan sistem OPITZ plus. Pada proses kodifikasi komponen tersebut diatas 5 digit pertama merupakan fitur desain, dan 4 digit berikutnya adalah fitur manufaktur. Pada digit ke 10 ditambahkan proses yang menjelaskan proses manufakturnya atau perakittannya (*assembly*). Digit ke 10 ini berkaitan dengan penentuan apakah komponen tersebut diatas adalah melalui proses manufaktur ataukah merupakan komponen yang dibeli, yang kemudian dirakit bersama-sama komponen lainnya dalam sub susunan *flare tip*. Parameter kodifikasi komponen-komponen *flare tip* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Kodifikasi Sistem OPITZ Plus untuk Komponen *Flare Tip* (Tahap 2)

Description	Digit
<i>Part Class</i>	1
<i>Main Shape</i>	2
<i>Rotational Machining</i>	3
<i>Plane-Surface Machining</i>	4
<i>Auxiliary Holes and Gear Teeth</i>	5
<i>Dimensions</i>	6
<i>Material</i>	7
<i>Original Shape of Raw Material</i>	8
<i>Accuracy</i>	9
<i>Process</i>	10

Tabel 5. Kodifikasi Komponen *Flare Tip* dengan Pendekatan Sistem OPITZ Plus

Digit 1	
Code	Part Class
1	L/D = 0.5
2	0.5 < L/D < 3
3	L/D = 3
4	A/B = 3 dan A/C = 4
5	A/B > 3
6	A/B = 3 dan A/C < 4

Digit 2	
Code	Main Shape
1	Pipe
2	Plate
3	All Others

Digit 3		
Code	Rotational Machining	
1	Stepped to One End	No shape elements
2		Thread
3		Groove
4	Stepped to Both Ends	No shape elements
5		Thread
6		Groove
7	Functional Cone	
8	Operating Threaded	
9	All Others	

Digit 4	
Code	Plane-surface Machining
1	Surface plane and/or curved in one direction, external
2	External plane surface related by graduation around the circle
3	External groove and/or slot
4	External spline (polygon)
5	External plane surface and/or slot, external spline
6	Internal plane surface and/or slot
7	Internal spline (polygon)
8	Internal and external polygon, groove and/or slot
9	All Others

Digit 5	
Code	Auxiliary Holes and Gear Teeth
0	No auxiliary hole
1	Axial, not on pitch circle diameter
2	Axial on pitch circle diameter
3	Radial, not on pitch circle diameter
4	Axial and/or radial, and/or other directions
5	Axial and/or radial, on PCD and/or other directions
6	Spur gear teeth
7	Bevel gear teeth
8	Other gear teeth
9	All Others

Digit 6	
Code	Dimensions
1	4"
2	1-1/2"
3	1"
4	3/4"
5	1/2"
6	6 mm
7	8 mm

Digit 7	
Code	Material
1	Stainless Steel
2	Carbon Steel
3	Inconel 800
4	253 MA

Digit 8	
Code	Material
1	Silinder
2	Pipa
3	Plate

Digit 9	
Code	Accuracy
0	±0mm
1	±3mm
2	±5mm
3	±10mm

Digit 10	
Code	Process
A	Manufacture
B	Assembly

Digit 10			
CODE	Process	Code	Process
A	Manufacture	B	Assembly
No	Description	No	Description
1	Flange	1	Burner
2	Tee	2	Body Flare Tip
3	Plate	3	Pilot
4	Pipe	4	Flame Force
5	Coupling	5	Flame Retainer
6	Gasket	6	Lifting Lug
7	Studbolt	7	Dynamic Seal
8	Venturi	8	Wind Shield
9	Weldolet	9	Support Windshield #1
10	Sparkplug	10	Support Windshield #2
11	Male Connector	11	Support Pilot #1
12	U Bolt	12	Support Pilot #2
		13	Manifold

Selanjutnya pada program dibuat tautan antara hasil kodifikasi klasifikasi sub susunan *flare tip* pada tahap 1 dan hasil kodifikasi komponen-komponen hasil *flare tip* dengan pendekatan sistem *Opitz plus*, juga dengan tampilan bagian pembuka dan penutup. Setelah menggunakan "Sistem Kodifikasi *Flare Tip*" maka desainer hanya perlu menginput kode klasifikasi produk yang dicari saat membuka program aplikasinya. Kode pertama berfungsi untuk membuka gambar sub susunan *flare tip* dengan memasukan kode klasifikasi *flare tip* dan

kemudian memasukan kode kedua untuk membuka gambar komponen *flare tip*. Membuka gambar komponen ini bisa juga dengan cara lain yaitu dengan cara mengklik nama komponen pada etiket gambar susunannya. Setelah file gambar yang diinginkan gambar tersebut dapat dibuka, kemudian dapat dimodifikasi dan disimpan kembali dengan no kode baru.

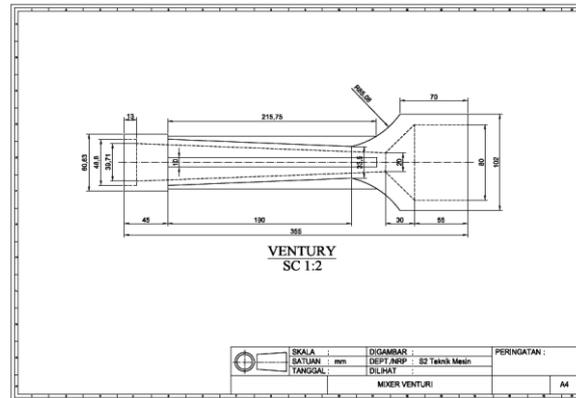
Sistem yang sudah jadi tersebut kemudian diverifikasi untuk mengetahui apakah sistem berjalan sesuai yang direncanakan dan sesuai pendekatan sistem OPITZ. Sebagai contoh sebuah gambar yang akan diverifikasi mempunyai kode 236909110B2 yang diketikkan pada kolom input program. Adapun kode tersebut mengandung arti seperti yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Arti Kode 236902110B2

236902110B2		
Digit	Code	Description
1	2	L/D ≥ 3
2	3	All Others
3	6	Stepped to Both Ends, groove
4	9	All Others
5	0	No gear teth, No auxiliary hole
6	2	Ukuran diameter 1-1/2"
7	1	Material stainless steel
8	1	silinder
9	0	±0mm
10	B	Assembly
11	2	Body Flare Tip

Kode diatas akan membuka Gambar 3 yaitu gambar komponen ventury. Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa komponen *ventury* mempunyai fitur desain seperti yang tertera pada kode 1 sampai dengan 5 yaitu mempunyai rasio panjang L/D ≥ 3 yaitu 3,58, bentuk utamanya bukan pipa maupun pelat, namun bentuk lain seperti pada gambar yang mempunyai step dikedua bagian dan celah, tidak mempunyai gigi maupun lubang tambahan, dengan dimensi poros tengah 1.5", terbuat dari staines steel, berbentuk silinder, akurasiya berkisar diantara 0 sampai ±3 mm dan akan dirakit pada *body flare tip*.

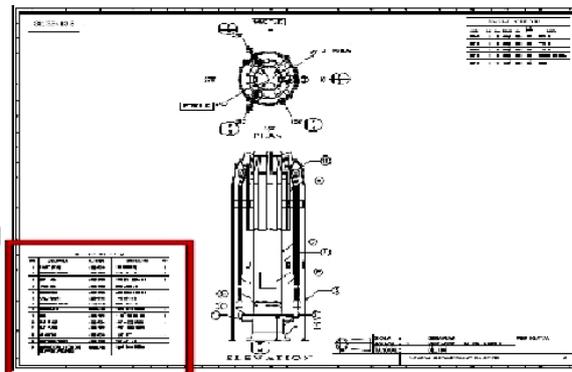
Beberapa perintah input kode dibuat sesederhana dan sejelas mungkin sehingga kita tidak perlu menghafalkan definisi masing-masing kode. Gambar 4 merupakan implementasi program sistem kodifikasi ini, dimulai dari input sampai dengan output berupa model komponen dan 2D (gambar kerja).



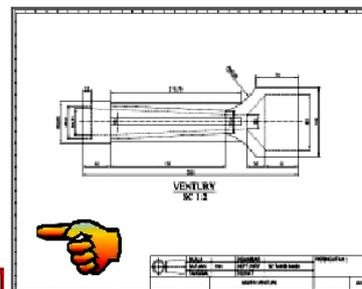
Gambar 3 . Komponen Ventury Kode 311334132

**Design Flare Tip**

- 311331132
- 311332132
- 311333132
- 311334132
- 311335132
- 311336132
- 311337132



BILL OF MATERIAL				
NO	DESCRIPTION	MATERIAL	SPECIFICATION	QTY
1	FLANGE 18" NPS	A 182-F310	SD: 18 RWIN 150	1
2	CONCENTRIC REDUCER	A 240-310S	16" x 18" x 8L	1
3	BODY FLARE	A 240-310S	406 OD x 2500L x 8L	1
4	LIFTING LUG	A 240-310S	250 x 150 x 8L	2
5	DYNAMIC SEAL	A 240-310S	388 x 338 x 40 x 3L	1
6	FLAME RETAINER	A 240-310S	102 x 50 x 8L	4
7	BRACKET NAME PLATE	A 240-310S	250 x 250 x 8L	1
8	THERMOCOUPLE BRG	INCOINEL 600	type 4-40mm x 5000mm	3
9	VENTURY	A 182-F318	1 1/2" x 1/2" MPF Flare	3
10	PILOT FLANGE	A 182-F304	ø1" - 600/ RWIN	4
11	INLET FLANGE	A 182-F310	ø18" - 150/ RWIN	1
12	HEI ADMITION	A 182-F310	1/2" FNPT	2
13	CONCENTRIC REDUCER	A 240-310S	16" x 18" x 8L	1
14	THERMOCOUPLE FOR CO2 SNUFFING ACTIVATION	INCOINEL 600	type 4-40mm x 5000mm	1



Gambar 4 Contoh Hasil Implementasi Sistem Kodifikasi

Dari hasil input digit kode, secara otomatis akan ditampilkan gambar sub susunan tipe flare tip 3D dan 2D komponennya. Masing-masing varian yang dihasilkan dari input kode dapat dijadikan sebagai komponen baru, sehingga kita dapat melakukan modifikasi berkelanjutan atau menambahkan fitur baru pada komponen tersebut.

**KESIMPULAN**

Keberhasilan rancang bangun "Sistem Kodifikasi Opitz Plus Flare Tip" ini sangat

membantu dan memudahkan desainer dalam pencarian desain gambar flare tip. Kerja desainer menjadi lebih cepat dan sistematis baik dalam memanggil file dan menyimpan file dari gambar sub susunan maupun komponen flare tip. Desainer hanya perlu memasukkan digit kode secara berurutan. Gambar dapat langsung ditampilkan pada display komputer dalam bentuk gambar kerja, beserta dimensi dan penjelasan lainnya. Saat akan mendesain tipe flare tip yang baru, desainer hanya perlu melakukan modifikasi dimensi atau menambahkan fitur lain pada

gambar yang sudah ada tanpa harus menggambar ulang dari awal sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga. Dengan demikian proses desain menjadi singkat dan efisien sehingga desainer bisa lebih produktif. Hal ini membuktikan bahwa pengelompokan sub susunan dan komponen *flare tip* dengan pendekatan Group Teknologi dan kodifikasi menggunakan sistem OPITZ plus, dapat meningkatkan efisien proses desain *flare tip* dan dapat meningkatkan produktifitas dari desainer.

#### REFERENSI

- Berrouane, M. T. and Lounis, Z. Safety Assessment of Flare Systems by Fault Tree Analysis. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2016; 51 (2): 229-234.
- Ismail, O. S. Dan Umukoro G. E., Global Impact, Global Impact of Gas Flaring, *Energy and Power Engineering*, 2012; 4: 290-302, 2012. <http://dx.doi.org/10.4236/epe.2012.44039>
- Khana K., Arneja G.P., and Khumar R., Group Technology in Design of Manufacturing Systems- A Review, *All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014)*, India, 2014: pp 527:3-6.
- Noktehdan, A., Sayedhosseini, S. and Mehrabad, M.S. A Metaheuristic algorithm for the manufacturing cell formation problem based on grouping efficacy. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2016; 82(1-4): 25-37. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-015-7052-z>
- Oriji, Boniface A. and Moses. Dapa E., Optimizing Vertical Gas Flare Stack's Sizing Parameters For Flare Efficiency In Niger Delta, *Academic Research International*. 2017; 8(1): 175-183.
- Prasath, K.A. and Johnson R.D.J., Concept of Group Technology Accomplishment in The Field Of Cellular Manufacturing Systems, *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2016; 02 (06): 2395-0056.
- Rodriguez, G. S. et.al, Group Technology Applied In The Productive Process Optimization Of Fish Industry, *The Industrial Engineering and The Sustainable Development: Integrating Technology And Management*, Brazil, 2009.
- Shahin A., Janatyan N., Group Technology (GT) and Lean Production: A Conceptual Model for Enhancing Productivity, *International Business Research Journal*, 2010; 3 (4): pp.105-118. <http://dx.doi.org/10.5539/ibr.v3n4105>
- Suzic, N., et al, Customizing Products through Application of Group Technology: A Case Study of Furniture Manufacturing, *Journal of Mechanical Engineering*, 2012; 58 (12): pp 724-731. <http://dx.doi.org/10.5545/sv-jme.2012.708>

