

## Analisis Perancangan Manufaktur dan Perakitan Untuk Karburator Sepeda Motor Matic

Henky S. Nugroho, Riky Adhiharto, Joko Setiawan,dan A. Harvey Hutama Jati S.

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

KampusBaru UI Depok 16424, Jawa Barat, Indonesia

Email: riky.adhi@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengaplikasikan parameter-parameter penting yang berkaitan dengan proses perakitan dan proses manufaktur untuk sample komponen produk karburator sepeda motor matic melalui pendekatan metode *Design for Manufacture and Assembly*(DFMA). Secara ekonomis rancangan yang berhasil adalah tergantung dari jaminan kualitas produk yang tinggi serta biaya manufaktur dan *assembly* yang rendah. Karburator merupakan komponen utama yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam, yang tersusun dari 41 komponen penyusun yang terbagi menjadi 3 kelompok utama, yaitu *top set*, *main body set* dan *float set*. Simplifikasi komponen karburator difokuskan untuk mereduksi jumlah interface antar komponen produkterutama pada sub kelompok *throttle stop set*, *needle set*, *top head set* dan *main bleed set*, dengan total akhir menjadi 35 komponen. Sedangkan untuk proses dan jenis material masih dipergunakan sesuai dengan original desain dengan pertimbangan faktor standarisasi. Pada tahap awal hasil dari simplifikasi pada 4 sub bagian komponen karburator dipergunakan untuk mengetahui efisiensi waktu perakitan produk original dan hasil simplifikasi, dimana terdapat 3 variabel proses, yaitu *handling*, *insertion* dan *fastening*. Dari hasil seleksi tahap desain manufaktur melalui tabulasi *worksheet*, jenis material yang dipergunakan antara lain *stainless steel* dan *cooper*. Untuk proses manufakturnya menggunakan proses *stamping* dan *machining*. Untuk mengetahui efisiensi waktu dan biaya proses manufaktur *machining* dari desain awal dan hasil redesain masing-masing komponen produk karburator, dilakukan dengan aplikasi sebuah model yang memiliki variabel yaitu *Tool type*, *Setup time* ( $t_w$ ), *Load/unload time* ( $t_l$ ), *Tool positioning time* ( $t_{pt}$ ), *Spesific cutting energy* ( $p_s$ ), *Power available* ( $P_m$ ), *Rate of source generation* ( $vf$ ), *Milling feed speed* ( $v_f$ ), *Machining time corrected for tool wear* ( $t_m$ ), *Time corrected for approach allowance* ( $t_m$ ). Perhitungan untuk proses *stamping* dilakukan untuk mengetahui waktu dan biaya pembuatan *die set* untuk proses *blanking*, *drawing* dan *piercing* berdasarkan perhitungan *manufacturing point* masing-masing proses. Setelah dilakukan perubahan simplifikasi komponen karburator untuk mendapatkan produk yang optimum dengan pendekatan metode DFMA didapatkan hasil tabulasi dan analisa untuk efisiensi waktu dan biaya pada masing-masing proses yaitu: Proses *assembly* sebesar 32 %; Proses manufaktur *machining* untuk *needle set* sebesar 4%, *main bleed set* sebesar 43% dan *throttle stop set* sebesar 24 %; Proses manufaktur *stamping dies* *stamping dies* sub komponen *top head* karburator sebesar 46%. Sedangkan untuk *cost per part* didapatkan efisiensi sebesar 50%. Berdasarkan analisa dari hasil aplikasi metode DFMA, didapat bahwa pengurangan interface atau penggabungan komponen dapat meningkatkan *saving time* dan *cost* pada proses *assembly*(DFA) dan proses manufaktur (DFM)*machining* dan *stamping*.

**Keywords:**DFMA, manufaktur, karburator, stamping, machining

### Pendahuluan

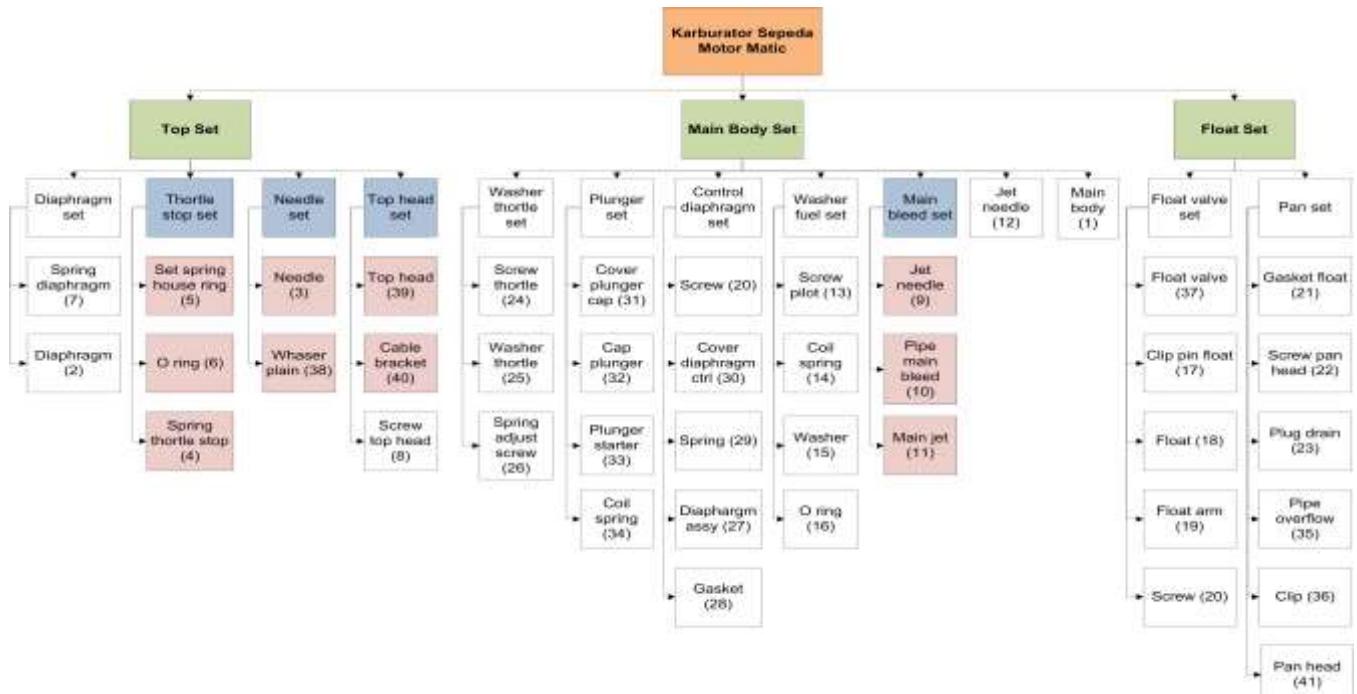
Analisis *Design for Manufacture and Assembly*(DFMA) merupakan kajian yang harus dilakukan pada *early stage of design*, yang artinya kajian atau analisis ini harus dilakukan sangat dini, sebelum prototype suatu produk dibuat dan desain diturunkan menjadi produk yang diproduksi secara masal. Dengan kata lain, perhitungan analisa suatu produk dengan menggunakan metode DFMA dilakukan pada tahap awal dengan tujuan agar perhitungan dapat dilakukan dengan cepat dan efisien untuk memastikan bahwa produksi yang dirancang dapat

dengan mudah dan efisien di produksi dan dirakit dengan saha, waktu, dan biaya yang minimum, dimana produk yang hendak diproduksi masih dalam fase desain. Karena sebesar 70% biaya produk ditentukan pada saat produk meninggalkan fase desain awal, berkaitan dengan keputusan mengenai kebutuhan material, proses manufaktur dan proses *assembly*. Secara garis besar, DFMA digunakan untuk menurunkan biaya perakitan dan manufaktur, mengurangi waktu produksi, meningkatkan keandalan, serta menciptakan waktu yang lebih cepat ke pemasaran (*time-to-market*).

Untuk karburator sepeda motor matic dibagi atas tiga

kelompok struktur, yaitu: *top set*, *main body set* dan *float set*. *Top set* merupakan bagian karburator sebagai pengatur udara masuk ke karburator. *Float set* merupakan bagian yang berfungsi untuk mengatur banyak sedikitnya bahan bakar. Dan *main body set* merupakan bagian yang berfungsi utama sebagai

pengabut atau tempat pencampuran bahan bakar dan udara untuk kemudian dikabutkan untuk masuk keruangan bakar. Dari setiap kelompok tersebut tersusun atas komponen penyusun yang dapat dilihat pada diagram di bawah ini.

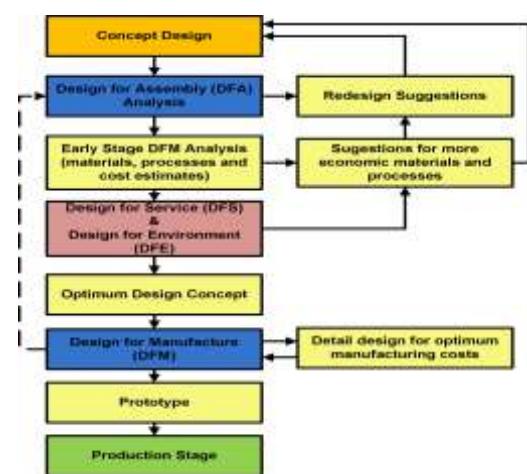


Gambar 1. Struktur Komponen Karburator Sepeda Motor Matic

Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengaplikasikan parameter-parameter penting yang berkaitan dengan proses manufaktur dan proses *assembly* komponen produk melalui pendekatan metode *Design for Manufacture and Assembly*(DFMA). Dari hasil analisa rancangan karburator dengan melakukan penyederhanaan struktur produk melalui redesain komponen untuk nantinya mendapatkan efisiensi *cost* (biaya) dan *time* (waktu) untuk proses perakitan (DFA) dan proses manufaktur (DFM) dari produk yang sudah ada sebelumnya tanpa mengurangi atau bisa saja meningkatkan nilai (*reliability*) dari produk itu sendiri. Dimana desain original terdiri dari 41 komponen, akan disederhanakan menjadi 35 komponen difokuskan pada 4 sub komponen yaitu *throttle stop set*, *needle set*, *top head set* dan *main bleed set*. Penerapan prinsip DFMA bisa dilakukan untuk pengembangan desain produk yang sudah diproduksi atau yang telah ada sebelumnya dan terutama untuk pengembangan produk yang masih dalam tahap konsep desain. DFMA juga memastikan bahwa transisi dari tahap desain untuk tahap produksi berjalan halus dan secepat mungkin.

## Perancangan untuk Manufaktur dan Perakitan (DFMA)

DFMA merupakan satu setpedoman yang dikembangkan untuk memastikan bahwa produk ini dirancang dengan tepat sehingga dapat dengan mudah danefisien diproduksi serta dirakit dengan usaha,waktu, dan biaya yang minimum. [Boothroyd, 2011]



Gambar 2. Diagram Konsep DFMA

Ruang lingkup DFMA terdiri dari desain untuk proses manufaktur produk (DFM), desain untuk proses perakitan produk (DFA), desain untuk pengaruh lingkungan (DFE), dan desain untuk pelayanan atau perawatan (DFS). Untuk penelitian

ini akan difokuskan pada pengaruh dari penerapan desain manufaktur (DFM) dan desain untuk perakitan (DFA).

DFMA digunakan untuk 3 aktifitas utama sebagai berikut : [Boothroyd, 2011]

- **Sebagai guide untuk tim desain** dalam menyederhanakan struktur produk, mengurangi biaya perakitan dan meningkatkan kwalitas.
- **Sebagai alat bantu** untuk mempelajari produk pesaing, dan mengkuantifikasi kerumitan proses manufaktur dan perakitan.
- **Sebagai alat untuk mengontrol biaya** denganmengetahui peralatan utama produksi dan untuk membantu melakukan negosiasi kontrak dengan suppliers.

Untuk mengetahui tingkat keberhasilan perancang dalam mendesain maupun mengubah desain (re-desain) dengan menggunakan DFMA terdapat 14 prinsip sebagai acuan, yaitu: [designengineusa.com, 2012]

- 1) Mengurangi jumlah part
- 2) Membuat part multi fungsi
- 3) Mengurangi jumlah dan jenis sekrup
- 4) Menyediakan alat pembawa
- 5) Menggunakan part dan alat yang standar
- 6) Mengutamakan model perakitan modular
- 7) Merakit secara searah / tidak melawan gravitasi
- 8) Desain part dengan keunggulan self locating
- 9) Meminimalkan jumlah permukaan
- 10) Merakit dalam ruang terbuka
- 11) Menyederhanakan dan mengoptimalkan proses manufaktur
- 12) Menghilangkan antar muka
- 13) Design part dengan kemungkinan pertukaran bagian
- 14) Mencari toleransi yang tepat untuk meningkatkan kemampuan proses

#### Desain untuk Manufaktur (DFM)

Secara ekonomis rancangan yang berhasil adalah tergantung dari jaminan kualitas produk yang tinggi serta biaya manufaktur yang minimum. *Design for manufacturing* (DFM) merupakan salah satu metode untuk mencapai sasaran ini, dimana DFM adalah suatu praktik pengembangan produk yang menekankan padahal hal yang berhubungan dengan proses manufaktur.

Informasi yang diperlukan dalam DFM, diantaranya:

1. Sketsa, gambar, spesifikasi produk, alternative rancangan.
2. Pemahaman detail tentang proses produksi dan perakitan.
3. Perkiraan biaya manufaktur, volumen produksi dan waktu peluncuran produk.

Setiap produk yang akan di desain maupun

re-desain, memerlukan analisa untuk memperoleh keputusan dalam proses manufaktur yang akan dipilih.Bagian yang integral dari suatu desain untuk manufaktur merupakan pemilihan awal dari material dan kombinasi proses untuk manufaktur komponen, yang dapat dikelompokkan menjadi beragam kriteria.

Suatu proses manufaktur dapat dikategorikan menjadi:

- a. *Primary process*, contohprimary processialah casting, forging, dan injection molding.
- b. *Primary/ secondary process*, contohdari proses kategoriiniialah machining, grinding, dan broaching.
- c. *Tertiary process*, contohdari proses iniialahheat treatment dansurface treatment.

#### Desain untuk Perakitan (DFA)

Istilah *design for assembly* (DFA) berarti desain suatu produk untuk mendapatkan kemudahan dalam perakitannya. Tujuan utama DFA, yaitu:

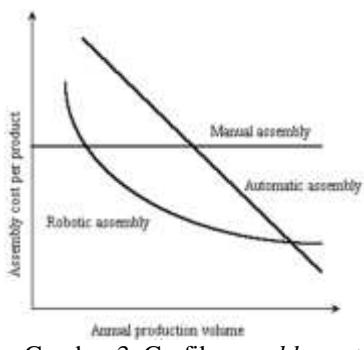
- Menyederhanakan perakitan produk untuk mendapatkan biaya serendah-rendahnya.
- Mendesain atau mengembangkan produk yang berkualitas dan tahan uji, serta memiliki *reliability* yang tinggi.
- Menganalisa komponen dan juga produk seutuhnya dalam masalah perakitan dari saat dini dalam proses desain.

Tujuan diatas merupakan tujuan atribut DFA, adapun yang termasuk pada atribut ini adalah:

- *Part consolidation*, yaitu kemampuan suatu proses untuk menggabungkan fungsi dari beberapa komponen pada suatu komponen.
- *Alignment features*, yaitu kemampuan suatu proses untuk menciptakan fitur yang sekiranya dapat membuat jalur keselarasan untuk memfasilitasi perakitan.
- *Integral fasteners*, yaitu keefektifan biaya dan cakupan dari elemen pengencangn yang dapat didesain pada suatu komponen.

DFA memiliki 3 kelompokmetode untuk merakit komponen produk, yaitu :

- a. *Manual Assembly*  
Proses *handling*, *insertion* dan *fastening* komponen untuk dirakit masih memanfaatkan tenaga manual manusia.
- b. *Fixed/Hard Automation*  
Metode ini menggunakan mesin dalam memproduksi, tetapi hanya untuk satu macam produk.
- c. *Soft Automation / Robot Assembly*  
Proses *assembly* ini memasukkan penggunaan robot dalam system *assembly*, dapat berupa *single robot* atau *multi robot* yang bekerja secara simultan yang dikontrol oleh PLC atau komputer.



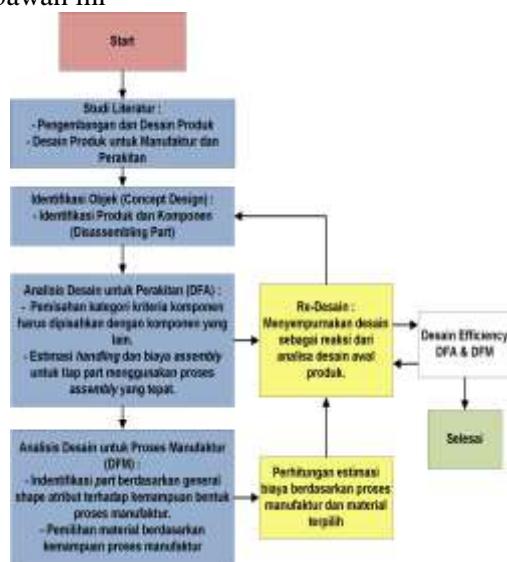
Gambar 3. Grafik assembly cost

## Metode Penelitian

Untuk mencapai tujuan penelitian yang diharapkan, maka penelitian ini dirancang dengan metode dan alur sebagai berikut:

1. Studi literatur mengenai pengembangan dan desain produk, dan desain produk untuk manufaktur dan perakitan.
2. Identifikasi produk dan komponen (*disassembling part*), dalam hal ini dipilih produk karburator untuk sepeda motor matic.
3. Analisis desain untuk perakitan (DFA) dan proses manufaktur (DFM).
4. Menyempurnakan desain sebagai reaksi dari analisa awal produk (simplifikasi).
5. Perhitungan estimasi biaya berdasarkan proses manufaktur dan material terpilih untuk desain awal dan hasil simplifikasi.
6. Hasil efisiensi desain dari proses DFA dan DFM.

Dari tahapan prosedur diatas, maka dapat dibuat diagram alir tahapan penelitian seperti pada gambar 4 dibawah ini

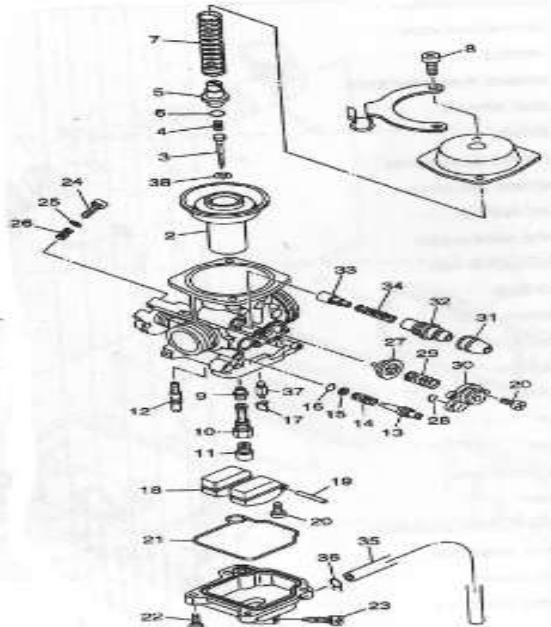


Gambar 4. Metodologi penelitian DFMA

## HasildanPembahasan

### Identifikasi Komponen Karburator

Karburator adalah sebuah alat yang mencampur udara dan bahan bakar untuk sebuah mesin pembakaran dalam. Pencampuran bahan bakar dengan udara dalam ukuran yang tepat untuk kemudian disalurkan ke dalam ruang pembakaran (silinder) dalam bentuk kabut. Untuk komponen karburator sepeda motor matic terdapat 41 komponen seperti pada gambar 5 dan dijelaskan fungsi masing-masing komponen pada tabel 1.



Gambar 5. Komponen karburator sepeda motor matic

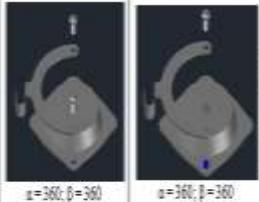
Tabel 1. Daftar identifikasi komponen karburator

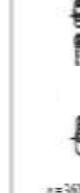
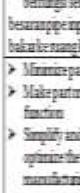
Ref. No.	Description	QTY	Function
1	Main body	1	Sebagai main housing dari semua part carburetor
2	Diaphragm	1	Mengatur kefakuman bahan bakar yang akan di karburasi kedalam engine
3	Needle	1	Mengatur keluar masuknya bensin
4	Spring throtle stop	1	Mengatur lintasan maksimum Neddle
5	Seat spring	1	Sebagai rumah dudukan Spring
6	Oring	1	Sebagai pemegang spring
7	Spring diaphargm	1	Sebagai pengatur besar kecilnya range neddle dan diaphargm
8	Screw pan head	2	Pemegang bracket cable
9	Jet needle	1	Bracket Main Pipe
10	Pipe main bleed	1	Resapan daerah masuk bensin
11	Jet main	1	Regulator pengatur masukan bensin
12	Jet	1	Pengatur aliran udara (kevakuman)
13	Screw pilot	1	Pengatur volume udara yang masuk pada carburetor
14	Coil spring	1	Pengatur teknik penutupan coil
15	Washer	1	Sebagai perata permukaan Spring
16	Oring	1	Untuk mencegah kebocoran
17	Cip	1	Sebagai pengunci pin float
18	Float	1	Sebagai pelampung untuk mengukur volume bensin
19	Pin float arm	1	Sebagai engsel dari Float
20	Screw	3	Sebagai baut pengikat cover

21	Gasket float chamber	1	Sebagai perekat untuk mencegah kebocoran
22	Screw pan head	4	Sebagai baut pengikat cover
23	Plug drain	1	Sebagai penutup lubang pembuangan bensin
24	Screw throttle	1	Pengatur bersar kecilnya bukaan throttle
25	Washer	1	Sebagai perata permukaan untuk menekan Spring
26	Spring adjust screw	1	Sebagai penahan agar screw tidak kendur
27	Diaphragm Assy	1	Pengatur kiefakuman udara
28	Gasket	1	Sebagai perekat untuk mencegah kebocoran
29	Spring	1	Penahan dari diafragma assy
30	Cover carburetor diaphragm	1	Sebagai tutup cover diafragma
31	Cover plunger cap	1	Sebagai pengaman lubang plunger dari air
32	Cap plunger	1	Pengatur tegangan plunger starter
33	Plunger starter	1	Penutup lubang udara
34	Coil spring	1	Sebagai penahan ketegangan plunger starter
35	Pipe over flow 1	1	Sebagai pengalir bensin dari tanki bensin ke karburator
36	Clip	1	Sebagai penahan pipe over flow
37	Float valve comp	1	Sebagai penutup lubang over flow
38	Washer plain	1	Sebagai perata permukaan spring
39	Top head	2	Sebagai penutup atas karburator
40	Cable bracket	3	Sebagai penyanga kabel gas
41	Pan head	4	Sebagai wadah bahan bakar

Dan analisa untuk DFA dan DFM produk karburator difokuskan pada 4 (empat) bagian komponen yang akan di simplifikasi untuk memperbaiki metode manufaktur dan perakitannya tanpa mengubah fungsi utama komponen tersebut, seperti pada tabel 2. Untuk komponen lain yang tidak dilakukan simplifikasi diasumsikan untuk material dan proses manufaktur dianggap masih sama seperti produk original, dan perhitungan DFM pada penelitian ini diabaikan.

Tabel 2. Hasil simplifikasi komponen karburator

No	Design Change		Function Principle of DFA	Value	Process		Material	
	Before	After			Before	After	Before	After
1			Mengikat Bracket Cable pada Top Cover	Menambah fungsi cover sehingga mengurangi jumlah part, valuh handling insertion & hold down	Stamping	Stamping	Machining sheet	Machining sheet
2			Mendorong Neddle tetapi memungkinkan jet Neddle sebagai pengatur pengaliran bahan bakar ketika terjadi kavasan	Menghubungkan fungsi Spring throttle stop dan O-ring sehingga mengurangi jumlah part, valuh handling insertion, & hold down	Machining	Reducing	Alloy sheet	Alloy sheet

1			<p>Sebagai penutup atas bahan bakar ketika tidak terjadi kavasan</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minimize part count</li> <li>▪ Make part multi function</li> <li>▪ Reduce the number of washer</li> <li>▪ Simplify and optimize the manufacturing process</li> </ul>	<p>Menghubungkan fungsi washer ke insipasi untuk selama proses produksi minimalisasi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minimize part count</li> <li>▪ Make part multi function</li> <li>▪ Reduce the number of washer</li> <li>▪ Simplify and optimize the manufacturing process</li> </ul>	Penutup atas bahan bakar	Penutup atas bahan bakar	Alloy sheet	Alloy sheet
2			<p>Jet needle, Pipe main blade dan Jet main berfungsi sebagai besaran pipa input bahan bakar ke sistem karburator</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minimize part count</li> <li>▪ Make part multi function</li> <li>▪ Simplify and optimize the manufacturing process</li> <li>▪ Eliminate interface</li> </ul>	<p>Menghubungkan Jet needle, Pipe main blade dan Jet main berfungsi sebagai besaran pipa input bahan bakar ke sistem karburator</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Minimize part count</li> <li>▪ Make part multi function</li> <li>▪ Simplify and optimize the manufacturing process</li> <li>▪ Eliminate interface</li> </ul>	Monoblock	Monoblock	Cooper	Cooper

Identifikasi awal untuk kemampuan proses manufaktur yang terdiri dari kemampuan bentuk, kemampuan proses manufaktur dan material yang dapat digunakan sesuai dengan proses dari desain masing-masing produk. Dari tabel 2 dan 3. dapat diketahui sebagai berikut:

- Untuk sub komponen *top set*, proses manufaktur sebelumnya untuk 2 komponen original dapat dilakukan dengan proses stamping (*blanking, drawing, piercing*) dengan material *stainless steel*. Untuk produk simplifikasi *top set* dapat dilakukan dengan proses stamping dan material *stainless steel*. Simplifikasi dilakukan untuk mereduksikan waktu assembling dengan memanfaatkan self locating feature.
- Untuk sub komponen *needle set*, terdiri dari 2 komponen dimana untuk komponen *needle* dilakukan dengan proses *machining* dengan material *stainless steel*. Proses manufaktur untuk komponen simplifikasi sama dengan original desain. Penggabungan *washer* ke jarum *needle* dikarenakan fungsi *washer* yang hanya sebagai perluas permukaan *head needle* agar dapat dengan sempurna menekan diafragma. Oleh sebab itu *head needle* dimodifikasi dengan menghilangkan *washer*.
- Untuk sub komponen *main bleed*, yang terdiri dari 3 komponen dilakukan dengan proses *machining* dengan material *cooper*. Dan setelah dilakukan simplifikasi material dan proses sama dengan original desain. Kemudian dilakukan simplifikasi dimana pada awalnya *Jet needle*, *Pipe main bleed* dan *main jet* di desain secara terpisah supaya dimensi *main jet* dapat

- dirubah-rubah. Ketika desain ketiga part tersebut digabungkan menjadi satu part, tidak akan menghilangkan fungsi awal tetapi user tidak lagi dapat melakukan settingan (default).
- Untuk sub komponen *stop thortle stop* terdiridari 3 part yaitu seat *spring*, *spring throttle stop* dano-ring. Part ini berfungsi sebagai penekan jarum neiddle .*Spring* dano-ring dapat dihilangkan karena fungsi kedua part
- tersebut sudah dapat tercover oleh *spring* diapraghma akan tetapi material seat *spring* harus dilakukan penyesuaian dengan material yang lebih rigit karena besarnya tekanan *spring* diaprgahma. Untuk desain awal menggunakan material plastik dengan proses molding, kemudian digantin dengan material *stainless steel* dengan proses machining.

Tabel 3. Hasil identifikasi kemampuan bentuk dan proses manufaktur

Sub Component	Name of Part	Table Shape Capabilities Process										Table Available Process Selection										Available Material								
		De press	Unwall	Unisect	AxisRot	Rep/Soc	Capt/Cav	Enclosed	No Draft	Sand Casting	Investment Casting	Die Casting	Injection Moulding	Structural Form Moulding	Flow Moulding (ext)	Blow Moulding (In)	Rotational Moulding	Impact Extrusion	Cold Heading	Closed Die Forging	Powder Metal Processing	Hot Extrusion	Rotary Stamping	Machining	ECM	EDM	Wire EDM	Sheet Metal	Thermforming	Metal Spinning
Needle Set	Original																													
	3 (Needle)	X	V	V	V	X	V	X	V	V	V	V	X	V	V	V	V	X	X	X	X	X	V	X	X	X	X	X	cast iron, carbon steel, alloy steel, stainless steel, aluminum, cooper zinc, mg, titanium, nickel, thermosets, thermoplastic	
	38 (Washer)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	
	Simplified																													
Main bleed set	3,38 (Needle)	X	V	V	V	X	V	X	V	V	V	V	X	V	V	V	V	X	X	X	X	X	V	X	X	X	X	X		
	Original																													
	11 (Main Jet)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	V	X	X	X	X	X	V	X	V	X	X	X	X	cast iron, carbon steel, alloy steel, stainless steel, aluminum, cooper zinc, mg, titanium, nickel, thermosets, thermoplastic
	10 (Pipe main bleed)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	V	X	X	X	X	X	V	X	V	X	X	X	X	
Thortle stop set	9 (Jet needle)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	V	X	X	V	X	X	V	V	X	V	X	V	X	X	X		
	Simplified																													
	9,10,11 (Pipe main bleed)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	V	X	X	V	X	X	V	V	X	V	X	V	X	X	X		
	Original																													
Top head set	5 (Seat Spring)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	X	V	X	X	X	X	V	X	X	X	V	X	cast iron, carbon steel, alloy steel, stainless steel, aluminum, cooper zinc, mg, titanium, nickel, thermosets, thermoplastic	
	4 (Spring Throttle)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	X	V	X	X	X	X	V	X	X	X	V	X		
	6 (Oring)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V		
	Simplified																													
Top head set	4,5,6 (Seat Spring)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	X	V	X	X	X	X	V	X	X	X	V	X	cast iron, carbon steel, alloy steel, stainless steel, aluminum, cooper zinc, mg, titanium, nickel, thermosets, thermoplastic	
	Original Part																													
	39 (Top head)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	X	V	V	X	X	V	V	X	X	V	V	X	carbon steel, alloy steel, stainless steel, aluminum, cooper zinc, mg, nickel	
	40 (Cable bracket)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	X	V	V	X	X	V	V	X	X	V	V	X		
Simplified	39+40 (Top head)	X	V	V	V	V	X	X	V	V	V	V	V	X	X	X	X	V	V	X	X	V	V	X	X	V	V	X		

### Analisis Desain untuk Perakitan Komponen Karburator (DFA)

Perhitungan waktu dan biaya *assembly* dari produk original dilakukan dengan cara *disassembly*, kemudian dirakit kembali untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk merakit komponen karburator secara manual yang terdiri dari parameter *handling*, *insertion* dan *fastening*. Kemudian dilakukan redesain atau penyederhanaan komponen untuk mendapatkan *saving time* dan *saving cost* untuk proses *assembly* komponen produk karburator

seperti pada tabel 4 dibawah.

Dari perhitungan waktu dan biaya yang dibutuhkan dalam proses *assembly* produk karburator didapatkan efisiensi dari hasil redesain sebesar 32 %, dari waktu *assembly* desain karburator original sebesar 329,69 detik kemudian setelah redesain menjadi 224,69 detik, dan biaya perakitan dari yang sebelumnya Rp. 13.187,6 menjadi Rp. 8987,6. Efisiensi didapat karena adanya penggabungan komponen, sehingga mengurangi waktu *handling*, *insertion* dan *fastening*.

Tabel 4. Hasil perhitungan desain untuk perkaitan (DFA)

Part ID. No.	Name of Parts	No. of Items (Rp)	Tool acquire time (TA)	Handling code	Handling Time (TH)	Insertion Code	Insertion Time (TI)	Total Time TA+RP*(TH+TI)	Minimum part Count	Operation cost, (0.4*(8)) (Rp)	$\alpha$	$\beta$
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(10)		
3 Main body	1	0	30	1,95	00	1,5	3,45	2	138	360	360	0
2 Diaphragm	1	0	10	1,5	00	1,5	3	2	120	360	0	0
3 Needle	1	0	10	1,5	00	1,5	3	2	120	360	0	0
4 Spring thortle stop	1	0	01	1,43	00	1,5	2,93	2	117,2	180	0	0
5 Seat spring	1	0	10	1,5	07	6,5	8	0	820	360	0	0
6 O-ring	1	0	03	1,69	06	5,5	7,19	0	287,6	180	0	0
7 Spring diaphragm	1	0	00	1,13	06	5,5	6,63	2	265,2	180	0	0
8 Screw pan head	2	0	12	2,25	13	6	16,5	2	660	360	0	0
9 Jet needle	1	0	01	1,43	10	4	5,43	2	217,2	360	0	0
10 Pipe main bleed	1	2,5	00	1,13	48	8,5	12,13	0	485,2	360	0	0
11 Jet main	1	0	11	1,8	16	8	9,8	0	892	360	0	0
12 Jet	1	2,5	10	1,5	48	8,5	12,5	2	500	360	0	0
13 Screw pilot	1	0	10	1,5	06	5,5	7	2	280	360	0	0
14 Coil spring	1	0	11	1,8	06	5,5	7,3	2	292	180	0	0
15 Washer	1	0	11	1,8	06	5,5	7,3	2	292	180	0	0
16 O-ring	1	0	02	1,69	06	5,5	7,19	2	287,6	180	0	0
17 Clip	1	0	11	2,51	16	8	10,51	3	420,4	360	360	0
18 Float	1	0	10	1,95	06	5,5	7,45	2	298	360	0	0
19 Pin float arm	1	0	03	1,69	16	8	9,69	2	387,6	180	0	0
20 Screw	3	2,5	01	1,43	38	6	24,79	3	991,6	360	0	0
21 Gasket float chamber	1	0	23	2,36	32	4	6,36	2	254,4	180	360	0
22 Screw pan head	4	2,5	00	1,13	38	6	21,02	2	1340,8	360	0	0
23 Plug drain	1	2,5	00	1,13	48	8,5	12,13	2	485,2	360	0	0
24 Screw thortle	1	2,5	00	1,13	38	6	9,63	2	385,2	360	0	0
25 Washer	1	0	03	1,69	06	5,5	7,19	2	287,6	180	0	0
26 Spring adjust screw	1	0	01	1,43	06	5,5	6,93	2	277,2	180	0	0
27 Diaphragm Assy	1	0	10	1,5	02	3,5	4	2	160	360	0	0
28 Gasket	1	0	03	1,69	06	5,5	7,19	2	287,6	180	0	0
29 Spring	1	0	01	1,43	06	5,5	6,93	2	277,2	180	0	0
30 Cover carburetor diaphragm	1	0	10	1,95	06	5,5	7,45	2	298	360	360	0
31 Cover plunger cap	1	0	11	1,8	11	5	6,8	2	272	360	0	0
32 Cap plunger	1	0	10	1,5	16	8	9,5	2	280	360	0	0
33 Plunger starter	1	0	11	1,8	00	1,5	3,3	2	132	360	0	0
34 Coil spring	1	0	11	1,8	06	5,5	7,3	2	292	360	0	0
35 Pipe over flow 1	1	0	00	1,13	01	3,5	3,63	2	145,2	180	0	0
36 Clip	1	0	12	2,06	07	6,5	8,56	2	342,4	180	0	0
37 Float valve comp	1	0	11	1,8	06	5,5	7,2	2	292	360	0	0
38 Washer plain	1	0	06	2,18	00	1,5	3,68	0	147,2	180	0	0
39 Top head	1	0	10	1,5	00	1,5	3	2	120	180	180	0
40 Cattle bracket	1	0	10	1,5	00	1,5	3	0	120	180	180	0
41 Pan head	1	0	10	1,5	00	1,5	3	2	120	180	180	0
										329,69	35	13187,6
										2xWMT		
										Design efficiency: $\eta_M =$	0,3185	
										$\eta_M =$	32%	
										Time after (s) =	324,69	
										Cost after (Rp) =	8987,6	

### Analisis Desain untuk Manufaktur Komponen Karburator (DFM)

Pada tahap awal desain untuk manufaktur dilakukan identifikasi kemampuan proses berdasarkan bentuk dan material yang digunakan pada produk original maupun redesain. Hasil yang didapat berdasarkan eliminasi dapat dilihat pada tabel 2 diatas.Untuk material dan proses manufaktur komponen yang disimplifikasi masih sama seperti desain original, karena diasumsikan sesuai standar.

#### • Proses Machining

Proses machining adalah proses pemotongan material menjadi bentuk benda kerja dengan menggunakan perkakas potong yang dipasangkan pada mesin perkakas. Kecepatan pemotongan harus ditentukan agar waktu pemotongan sesuai dengan yang diinginkan, permasalahan ini akan timbul dalam perencanaan proses machining. Dalam proses machining terdapat lima elemen dasar yang harus diperhatikan agar diperoleh waktu pemotongan yang efisien dan produktivitas tinggi, yaitu kecepatan potong (*cutting speed*), kecepatan makan (*feeding speed*), kedalaman potong (*depth of cut*), waktu pemotongan (*cutting time*), dan kecepatan penghasilan geram (*rate of metal removal*).

Tabel 5. Perhitungan efisiensi proses machining

Time					Needle set
Original	Set up	Non productive	Machining	Total	
3 (Needle)	0,5	18,4	46,74	65,658	Rp 15,753
38 (Washer)			Blanking (subcon)		Rp 2.000
					Total Rp 17,753
Simplified					
3 (Needle)	0,5	18,4	51,93	70,829	Rp 16,999
					Efisiensi = 4%
Time					Main bleed set
Original	Set up	Non productive	Machining	Total	
11 (Main jet)	2	43,9	36,43	102,35	Rp 24,565
10 (Pipe main bleed)	2	82,8	134,71	219,51	Rp 52,681
3 (jet needle)	0,5	13,3	4,17	17,508	Rp 4,312
					Total Rp 81,558
Simplified					
10 (Pipe main bleed)	0,5	58,4	134,71	193,61	Rp 46,465
					Efisiensi = 43%
Time					Throttle stop set
Original	Set up	Non productive	Machining	Total	
3 (Seat Spring)	25,8	34,8	32,41	93,009	Rp 22,322
4 (Spring Throtle)			Subcon		Rp 5.000
6 (O-ring)			Subcon		Rp 2.000
					Total Rp 30,322
Simplified					
3 (Seat Spring)	25,8	34,8	32,41	93,009	Rp 22,322
					Efisiensi = 24%

Perhitungan difokuskan untuk 3 sub komponen produk yang melalui proses manufaktur machining, yaitu *throtle stop set*(3 komponen), *needle set* (2 komponen), dan *main bleed set*(3 komponen), untuk disederhanakan masing-masing menjadi satu komponen.Berdasarkan hasil perhitungan waktu yang didapat efisiensi proses machining untuk *needle set* sebesar 4%, *main bleed set* sebesar 43% dan *throtle stop set* sebesar 24 %.

### • Proses Stamping

Stamping adalah sebuah proses pada industri pembuatan mesin dimana produk dihasilkan dari material plat dengan menggunakan mesin press dan *dies set* sebagai pembentuknya. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui efisiensi dari proses pembuatan *stamping dies*, sedangkan biaya manufaktur tergantung dari kecepatan dan kapasitas mesin yang akan dipergunakan sesuai rencana nantinya yang mana akan mempengaruhi biaya manufaktur untuk setiap komponen yang akan diproduksi. Biaya pembuatan dies diketahui berdasarkan *manufacturing point/score* pada masing-masing proses stamping. Pada sub komponen karburator, khususnya *top head* dan *cable bracket*, urutan proses stamping yang harus dilakukan adalah *blanking*, *drawing*, dan *piercing*.

Tabel 6. Perhitungan waktu dan biaya proses manufaktur *stamping dies* dan *cost per part*

Original Part									
Part ID.	Nama Part	Panjang	Lebar	Tinggi	Luar Area (mm <sup>2</sup> )	Keliling	R <sub>0</sub>		
39	Top head	4,8	4,8	0,5	33,04	95,2	81,20		
40	Cable bracket	4,5	3	0,5	71,5	21	25,00		
<b>Simplified</b>									
39+40	Top head	4,8	7	0,5	31,6	25,6	81,20		
Original Part									
Manufacturing score				Biaya Pembuatan Dies (Rp)					
Part ID.	Nama Part	Blanking	Drawing	Piercing	Blanking	Drawing	Piercing		
39	Top head	23,50	10,50	40,70	Rp. 9.030.400	Rp. 21.338.655	Rp. 16.300.675		
40	Cable bracket	26,49	3,12	40,70	Rp. 10.599.000	Rp. 38.388.200	Rp. 18.303.875		
					Total Biaya Dies Original =		Rp. 91.756.606		
<b>Simplified</b>									
39+40	Top head	27,31	13,01	40,70	Rp. 10.843.200	Rp. 22.487.855	Rp. 18.003.075		
					Efisiensi Biaya Dies =		Rp. 49.634.531		
Original Part									
Punch Force (KN)									
Part ID.	Nama Part	Blanking	Drawing	Piercing	Total	Cost per part			
39	Top head	247,20	446,15	161,71	855,06	Rp. 545			
40	Cable bracket	298,19	352,71	181,71	831,55	Rp. 545			
					Total cost = Rp. 1.091				
<b>Simplified</b>									
39+40	Top head	0,00	750,87	181,71	930,58	Rp. 545			
					Efisiensi cost per part =		50%		

Hasil dari perhitungan proses manufaktur *stamping dies* terlihat pada tabel 6 bahwa biaya pembuatan dies komponen original didapat total Rp. 91.756.606. Dan setelah dilakukan simplifikasi komponen biaya yang dibutuhkan untuk membuat *dies* komponen *top head* untuk proses *blanking*, *drawing* dan *piercing* secara total sebesar Rp. 49.634.531 atau efisiensi untuk biaya pembuatan *stamping dies* sub komponen *top head* karburator sebesar 46%. Sedangkan untuk *cost per part* didapatkan efisiensi 50%.

### Kesimpulan

- ❖ Dengan reduksi jumlah komponen karburator dari jumlah awal 41 komponen menjadi 35 komponen, maka ragam dan bentuk 4 sub

komponen yang berubah tersebut, semakin kompleks dan semakin sulit untuk dilakukan proses manufaktur.

- ❖ Hasildari simplifikasi 4 sub komponen produk karburator yang di dapatdarihasil perhitungan proses DFA dan DFMselalumenghasilkansaving *timedancost*, dimana pada kali ini terlihat untuk proses manufaktur *stamping* dan *machining*.
- ❖ Pada proses perakitan, efisiensi dari hasil simplifikasi 4 sub komponen didapat sebesar 32%. Dimana waktu yang diperlukan untuk merakit produk karburator selama 329,69 detik menjadi 224,69 detik.
- ❖ Berdasarkan hasil perhitungan waktu yang didapat efisiensi proses machining untuk *needle set* sebesar 4%, *main bleed set* sebesar 43% dan *thortle stop set* sebesar 24 %.
- ❖ Efisiensi untuk biaya pembuatan *stamping dies* sub komponen *top head* karburator sebesar 46%. Sedangkan untuk *cost per part* didapatkan efisiensi sebesar 50%.

### Referensi

Boothroyd, Geoffrey, Peter Dewhurst, dan Winston A. Knight. 2011. Product Design for Manufacture and Assembly, Third Edition. Boca Raton: Taylor & Francis Group.

Samy, S.N. dan H. ElMaraghy. 2010. A model for measuring products assembly complexity.Taylor & Francis Group.

What is DFMA?.  
[http://designengineusa.com/storage/design\\_for\\_manufacture\\_and\\_assembly.pdf](http://designengineusa.com/storage/design_for_manufacture_and_assembly.pdf), diakses pada tanggal 21 Desember 2012, pukul 10.43 AM