



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN PRODUK KOMPONEN *CYLINDER HEAD*
DENGAN PENDEKATAN
QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT DAN *VALUE ANALYSIS***

SKRIPSI

**Y. WAHYU SURYAWIDAYAT
0906603865**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN PRODUK KOMPONEN *CYLINDER HEAD*
DENGAN PENDEKATAN
QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT DAN *VALUE ANALYSIS***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**Y. WAHYU SURYAWIDAYAT
0906603865**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
DESEMBER 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah karya sendiri,
dan semua sumber, baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Y. Wahyu Suryawidayat

NPM : 0906603865

Tanda Tangan : 

Tanggal : 28 Desember 2011


HALAMAN PENGESAHAN

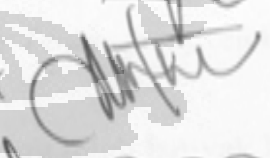
Skripsi ini diajukan oleh


Nama : Y. Wahyu Suryawidayat
NPM : 0906603865
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Pengembangan Produk Komponen *Cylinder Head* dengan Pendekatan *Quality Function Deployment* dan *Value Analysis*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Dewan Penguji

Pembimbing : Ir. Erlinda Muslim, MEE ()

Maya Arlini P, ST, MT, MBA ()

Penguji : Ir. Boy Nurtjahyo M, MSIE ()

Penguji : Ir. Isti Surjandari, Ph.D ()

Penguji : Arian Dhini, ST, MT ()

Ditetapkan di: Depok

Tanggal: 18 Januari 2012

KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1). Ibu Ir. Erlinda Muslim, MEE dan Ibu Maya Arlini P, ST, MT, MBA selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2). Departemen *Product Quality Engineering*, PT. Astra Honda Motor, sehingga saya dapat mendapat data komponen Cylinder Head.
- (3). Departemen *Marketing Motor Sport & Departemen Process Engineering* PT. Astra Honda Motor, yang telah membantu pengumpulan data
- (4). Anggota *Team Partner* dari *Honda Racing Team*, yang telah memberikan banyak masukan dan data untuk skripsi ini
- (5). Orang tua dan keluarga saya tercinta dan yang telah banyak berkorban dan memberikan bantuan dukungan doa.
- (6). Teman-teman dan sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 28 Desember 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Y. Wahyu Suryawidayat

NPM : 0906603865

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk diberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGEMBANGAN PRODUK KOMPONEN *CYLINDER HEAD* DENGAN
PENDEKATAN *QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT* DAN *VALUE
ANALYSIS*

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan karya ilmiah saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 28 Desember 2011

Yang menyatakan,



(Yohanes Wahyu Suryawidayat)

ABSTRAK

Nama : Y. Wahyu Suryawidayat
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Pengembangan Produk Komponen *Cylinder Head* dengan Pendekatan *Quality Function Deployment* dan *Value Analysis*

Penelitian dilakukan dalam rangka pengembangan komponen *Cylinder Head*, yaitu sebuah komponen mesin sepeda motor yang diproduksi oleh PT. A. Pengembangan produk penting dalam pemenuhan kebutuhan konsumen terhadap penggunaan komponen tersebut untuk aplikasi *Racing (balap)*. Dalam hal ini, konsumen adalah delapan *Team Partner* PT. A yang mengikuti kejuaraan balap sepeda motor Indoprix. Metode *Quality Function Deployment* digunakan untuk mempertemukan apa yang sebenarnya konsumen inginkan dan apa yang dapat PT. A mampu perbuat. Beberapa *tools* dalam *Value Analysis*, semisal *Mudge Diagram*, Matrik Sumber Daya, dan Matrik Perbandingan Persentase fungsi dan biaya digunakan untuk membantu analisa data. Hasil akhir dari penelitian ini adalah usulan spesifikasi komponen *Cylinder Head* yang dapat dibuat *inplant* PT.A dengan mempertimbangkan seberapa besar biaya yang dikeluarkan dengan seberapa penting kebutuhan tersebut harus diwujudkan.

Kata kunci :
QFD, *Value Analysis*, *Mudge Diagram*, Matriks Sumber Daya, Matrik Perbandingan

ABSTRACT

*Name : Y. Wahyu Suryawidayat
Study Program : Industrial Engineering
Title : Product Development of Cylinder Head Component using
Quality Function Deployment and Value Analysis Approach*

This Research is based on product development of Cylinder Head, an engine of motor cycle component, that PT.A produce. The product development is critically important to fulfill customer needs to apply this component in motorcycle racing event. In this case, customer is eight Partner Teams what PT. A sponsored that follow Indoprix motorcycle race event. Quality Function Deployment method is used to connect what customer really need, with what PT. A can do to fulfill. Some tools of Value Analysis, like Mudge Diagram, Matrix of Resources, and Comparison Matrix is very useful to help data analyzing. The final result is specification suggestion of Cylinder Head, so that PT. A can produce in plant. PT. A will know how much the cost to produce, and how important the customer needs must be applied.

Key word :

QFD, Value Analysis, Mudge Diagram, Resources Matrix, Comparison Matrix

DAFTAR ISI

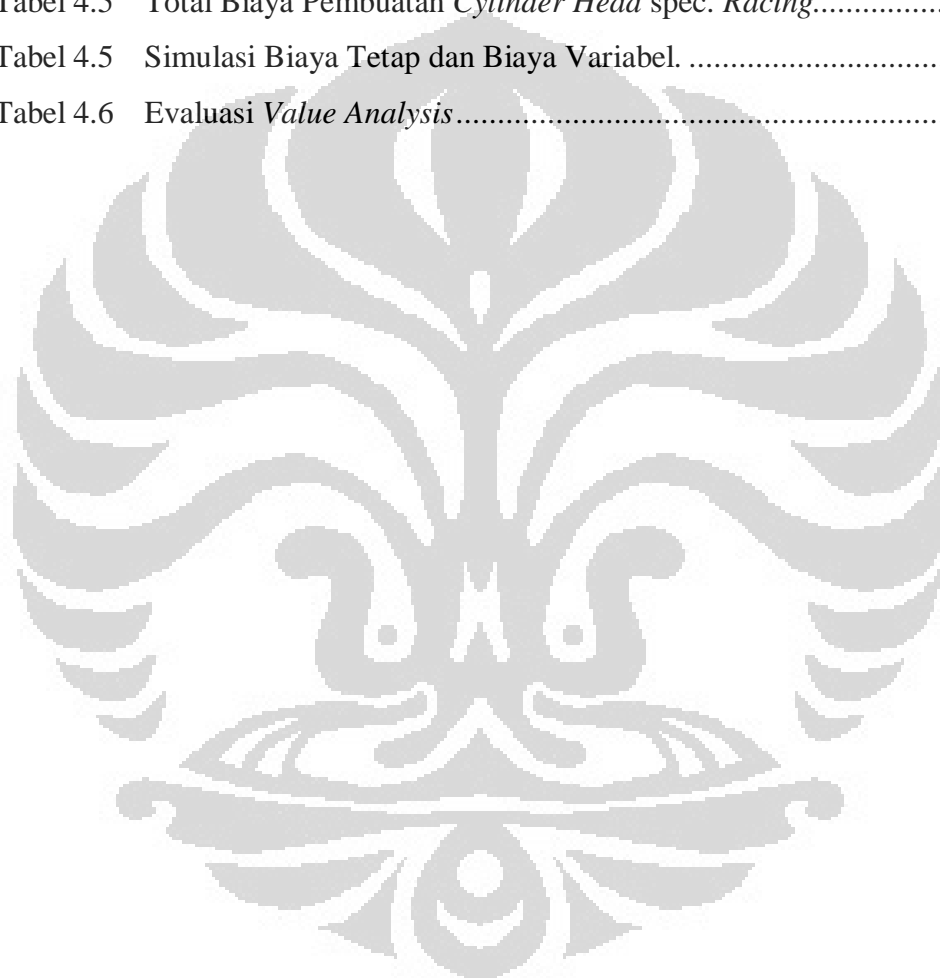
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	6
1.3 Rumusan Permasalahan	6
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
1.6 Metodologi Penyelesaian	7
1.7 Sistematika penelitian	9
BAB II LANDASAN TEORI	10
2.1 Produk	10
2.1.1 Definisi Produk	10
2.1.2 Kualitas Produk	10
2.1.3 <i>Product Customized</i>	12
2.2 Proses Perancangan dan Pengembangan Produk	13
2.2.1 Pernyataan Misi	15
2.2.2 Quality Functionak Deployment (QFD)	15
2.2.2.1 Sejarah <i>Quality Function Diagram</i>	17
2.2.2.2 Empat Fase QFD	18
2.2.2.3 <i>House of Quality (HOQ)</i>	20
2.3 <i>Value Analysis</i>	24
2.3.1 Mudge Diagram	26
2.3.2 Matrik Sumber Daya	26
2.3.3 Matrik perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya	27
BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	28
3.1 Komponen Cylinder Head	28
3.2 Permasalahan	30
3.2.1 <i>Fish Bond Diagram</i>	33
3.3 Tim Pengembangan	33
3.4 Pernyataan Misi	34
3.5 Pengumpulan Data dan identifikasi <i>Voice of Customer</i>	34

3.5.1 Proses produksi <i>Cylinder Head Mass Pro</i> di PT. A	35
3.5.2 Proses Produksi <i>Cylinder Head</i> modifikasi <i>Team Partner</i>	35
3.5.3 Data Spesifikasi modifikasi dari <i>Team Partner</i>	37
3.5.4 Kebutuhan mentah dari Konsumen (<i>Voice of Customer</i>).....	37
3.6 Diagram Afinitas.....	39
3.7 Aplikasi <i>Quality Function Deployment</i>	35
3.7.1 Interpretasi kebutuhan Konsumen	39
3.7.2 Menentukan Kepentingan Relatif (<i>Mudge Diagram</i>)	40
3.7.3 QFD Fase I	40
3.7.4 QFD Fase II	44
3.7.5 QFD Fase III.....	47
3.8 Aplikasi <i>Tools Value Analysis</i>	50
3.8.1 Biaya sebelum Pengembangan Produk.....	50
3.8.2 Biaya setelah Pengembangan Produk	54
3.8.3 Matrik Sumber Daya.....	59
3.8.4 Matrik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya.....	61
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	62
4.1 Analisa QFD	62
4.2 Analisa Matrik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya	65
4.3 Spesifikasi <i>Cylinder Head</i> spesifikasi <i>racing</i>	66
4.4 Analisa Biaya dan Investasi	67
4.4.1 Simulasi Investasi dan Biaya	69
4.5 Evaluasi <i>Value Analysis</i>	71
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	73
DAFTAR PUSTAKA.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Komponen <i>Engine</i> yang disediakan PT. A.....	3
Tabel 1.2	<i>Road Map</i> Indoprix 2011 setiap seri	4
Tabel 1.3	Klasemen Akhir <i>Rider</i> Indoprix 2011	4
Tabel 1.4	Klasemen Akhir Konstruktor Indoprix 2011	4
Tabel 2.1	Jenis Produk dalam Pengembangan Generik	12
Tabel 3.1	Data pengaruh modifikasi komponen terhadap performa <i>Engine</i> .	31
Tabel 3.2	Lama waktu modifikasi komponen rata-rata	32
Tabel 3.3	Biaya modifikasi komponen rata-rata.....	32
Tabel 3.4	Pernyataan Misi.....	34
Tabel 3.5	Daftar Kebutuhan Mentah Konsumen.....	37
Tabel 3.6	Data Spesifikasi <i>Cylinder Head</i> modifikasi <i>Team Partner</i>	38
Tabel 3.7	Diagram Afinitas	39
Tabel 3.8	Tingkat Kepentingan Relatif.....	40
Tabel 3.9	Anggota <i>Focus Group</i> QFD Fase 1.....	41
Tabel 3.10	<i>Technical Response</i> QFD Fase 1.....	41
Tabel 3.11	Anggota <i>Focus Group</i> QFD Fase 2.....	44
Tabel 3.12	<i>Technical Response</i> QFD Fase 2.....	44
Tabel 3.13	<i>Technical Response</i> QFD Fase 3.....	47
Tabel 3.14	Biaya Mesin Produksi dan Biaya <i>Man Power</i> Produksi sebelum Pengembangan Produk	51
Tabel 3.15	Biaya Material sebelum Pengembangan Produk.....	52
Tabel 3.16	Biaya Komponen <i>Sub Assembly</i> sebelum Pengembangan Produk	53
Tabel 3.17	Biaya Proses 100 <i>Cylinder Head</i> sebelum Pengembangan Produk	54
Tabel 3.18	Total Biaya komponen <i>Cylinder Head</i> spec. Racing sebelum Pengembangan Produk	54
Tabel 3.19	Biaya Mesin Produksi dan Biaya <i>Man Power</i> Produksi setelah Pengembangan Produk	56
Tabel 3.20	Biaya Material setelah Pengembangan Produk.....	57
Tabel 3.21	Biaya komponen <i>sub assembly</i> setelah Pengembangan Produk ...	58
Tabel 3.22	Biaya <i>Desain dan Programming</i> setelah Pengembangan Produk	58

Tabel 3.23	Kemungkinan Biaya Investasi setelah Pengembangan Produk	59
Tabel 3.24	Detail Biaya Investasi setelah Pengembangan Produk.....	59
Tabel 3.25	Matrik Sumber Daya	60
Tabel 4.1	Kesimpulan dari data Proses <i>Focus Group QFD</i>	64
Tabel 4.2	Kesimpulan dari data Matriks Perbandingan	65
Tabel 4.3	Perbandingan Biaya Tetap	67
Tabel 4.4	Perbandingan Biaya Variabel.....	67
Tabel 4.5	Total Biaya Pembuatan <i>Cylinder Head spec. Racing</i>	68
Tabel 4.5	Simulasi Biaya Tetap dan Biaya Variabel.	70
Tabel 4.6	Evaluasi <i>Value Analysis</i>	71

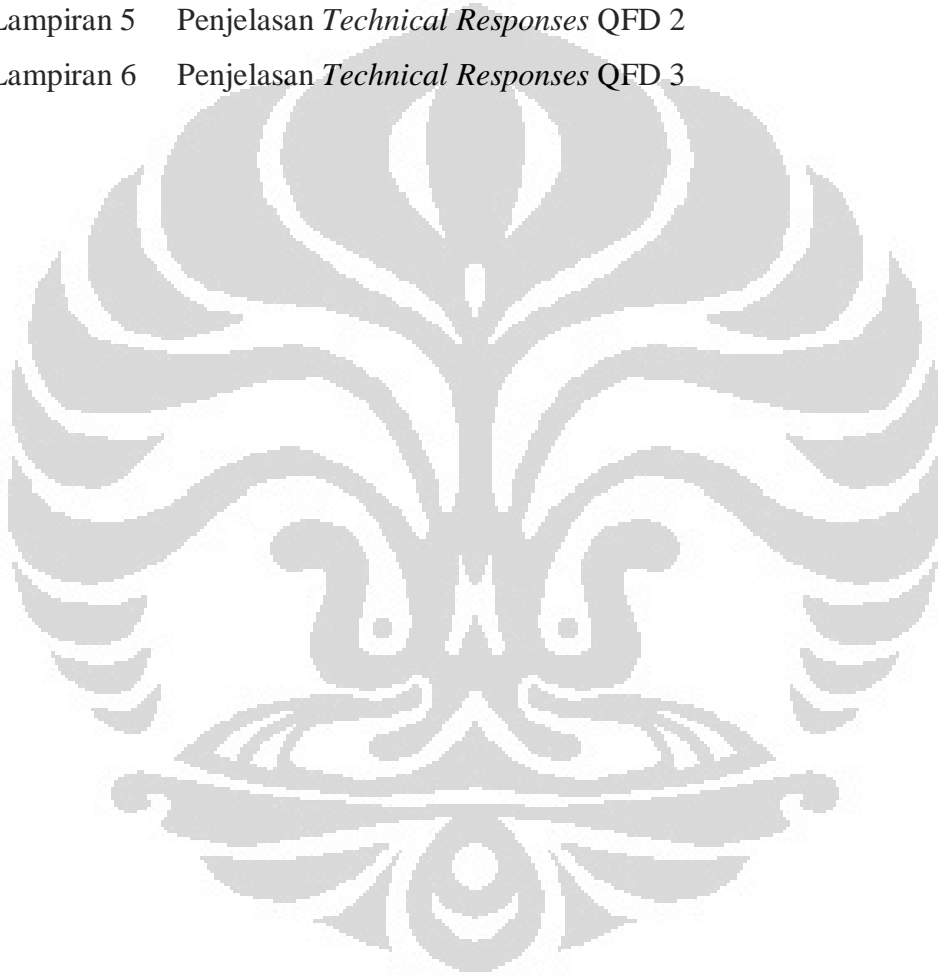


DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Produksi PT. A 1998 - 2010	2
Gambar 1.2	Grafik Penjualan Sepeda Motor berdasarkan merk Januari – September 2011	2
Gambar 1.3	Diagram Keterkaitan Masalah	6
Gambar 1.4	Metode Penelitian	8
Gambar 2.1	Urutan Proses Perancangan dan Pengembangan Produk.....	14
Gambar 2.2	Empat Fase QFD.....	19
Gambar 2.3	<i>House of Quality</i>	21
Gambar 2.4	Contoh Mudge Diagram.....	26
Gambar 2.5	Contoh Matrik Sumber Daya.....	26
Gambar 2.6	Contoh Matriks Perbandingan	27
Gambar 3.1	Komponen <i>Cylinder Head</i>	29
Gambar 3.2	Grafik kerusakan <i>Engine</i> pada Indoprix 2011	30
Gambar 3.3	Daftar Kerusakan <i>Cylinder Head</i> faktor internal.....	30
Gambar 3.4	Perbandingan Performa <i>Engine</i> akibat modifikasi <i>Engine</i>	31
Gambar 3.5	<i>Fish Bond Diagram</i> kerusakan komponen <i>Cylinder Head</i>	33
Gambar 3.6	Tim Pengembangan komponen Racing di PT. A	33
Gambar 3.7	<i>Operation Process Chart Cylinder Head</i> di PT.A.....	35
Gambar 3.8	<i>Operation Process Chart</i> Modifikasi <i>Cylinder Head</i> oleh <i>Team Partner</i>	36
Gambar 3.9	Diagram QFD Fase 1	43
Gambar 3.10	Diagram QFD Fase 2	46
Gambar 3.11	Diagram QFD Fase 3	49
Gambar 3.12	Grafik Persentase Fungsi.....	61
Gambar 3.13	Grafik Persentase Biaya	62
Gambar 3.14	Grafik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya	62
Gambar 4.1	<i>Relative Importance</i> dari <i>Technical Response</i> QFD Fase 3	64
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Persentase Fungsi & Biaya (diurutkan) .	65
Gambar 4.3	Simulasi Biaya Tetap dan Biaya Variabel.....	71

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kuisisioner Kebutuhan dan Keluhan Konsumen
- Lampiran 2 Penjelasan Teknis Kebutuhan Konsumen
- Lampiran 3 Kuisisioner Perbandingan Berpasangan
- Lampiran 4 Penjelasan *Technical Responses* QFD 1
- Lampiran 5 Penjelasan *Technical Responses* QFD 2
- Lampiran 6 Penjelasan *Technical Responses* QFD 3



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

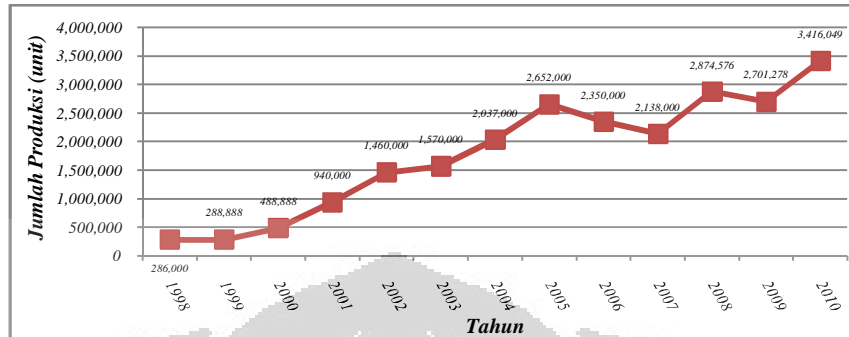
Produk adalah suatu barang atau jasa yang disediakan produsen untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Karena kebutuhan pelanggan terus berubah dari waktu ke waktu, dan persaingan pasar antar produk semakin kompetitif, produk dituntut untuk melakukan pengembangan dan inovasi. Kepuasan konsumen terhadap kemampuan pemenuhan kebutuhan tidak dapat disamaratakan, tergantung seberapa besar ekspektasi konsumen terhadap produk terkait.

Proses pengembangan yang baik dimulai dari kebutuhan *customer*, pada kenyataannya, jika tidak dimulai dari kebutuhan *customer*, maka akan terdapat banyak waktu yang berakhir dengan buruk dengan *customer* (William W Scherkenbach, 2004). Tingkat kebutuhan konsumen selalu bertabrakan dengan tingkat usaha produsen, karena konsumen selalu menginginkan kebutuhan yang maksimal, namun produsen mempunyai keterbatasan. Di sinilah, salah satu fungsi pengembangan produk, yaitu menjembatani untuk mendefinisikan apa yang konsumen inginkan, dengan apa yang bisa produsen lakukan.

Pada penelitian ini, pengembangan produk mengambil studi kasus di PT. A, yang merupakan pelopor industri sepeda motor di Indonesia sebagai Agen Tunggal Pemegang *Merk* (ATPM) sepeda motor Jepang. Dengan kapasitas produksi 3,5 juta unit sepeda motor per-tahun, dan telah memiliki pencapaian dengan produksi ke 20 juta pada tahun 2007 dan pencapaian produksi ke 30 juta pada tahun 2010. Untuk mengisi segmen pasar di Indonesia, PT. A memiliki kurang lebih 19 jenis produk beserta variannya dalam jenis sepeda motor *cub* (bebek), *sport*, dan skutik, dengan segmen menengah sampai premium.

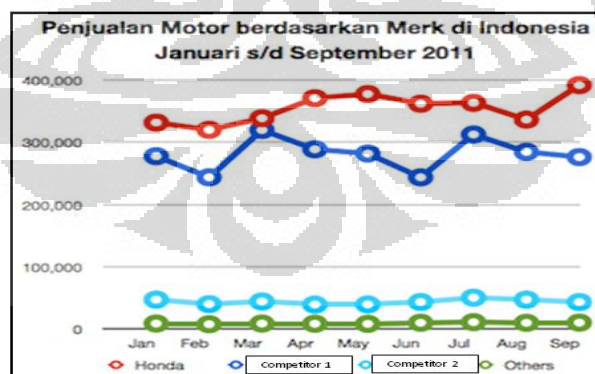
Dari *website* perusahaan, dapat dilihat bahwa jumlah produksi PT. A sepuluh tahun ke belakang menunjukkan kenaikan yang signifikan. Dengan kapasitas produksi dan penjualan setiap tahunnya, PT. A menjadi produsen sepeda motor terbesar di Indonesia, dan terbesar no.3 di dunia, setelah produsen *merk*

sama di China dan India. Grafik produksi sepeda motor PT. A dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Grafik Produksi PT. A 1998 – 2010

Persaingan pasar sepeda motor di Indonesia semakin kompetitif. Sampai September 2011, PT. A masih memimpin penjualan sepeda motor di Indonesia. Namun, persaingan penjualan dengan kompetitor 1 semakin sengit. Ada kemungkinan bahwa suatu saat nanti, kompetitor 1 dapat menguasai pangsa pasar sepeda motor di Indonesia mengalahkan PT. A. Untuk itu, dibutuhkan beberapa strategi pemasaran dan penjualan, strategi pengembangan dan inovasi produk, serta promosi yang mencapai sasaran. Gambar 1.2 memperlihatkan pangsa pasar penjualan sepeda motor PT. A dibandingkan kompetitor selama tahun 2011



Gambar 1.2 Grafik Penjualan Sepeda Motor berdasarkan merk Januari – September 2011

Penelitian ini berlatarbelakang PT.A sedang menggalakkan strategi pemasaran untuk mempertahankan pangsa pasar sepeda motor di pasar Indonesia

dengan memberikan perhatian dan promosi kepada konsumen di segmentasi *Racing* (balap).

Selain dengan strategi mengeluarkan produk yang bernuansa *racing* dan *sporty*, menjadi *official sponsorship* Team di MotoGP, *sponsorship* berbagai *event* balap di Indonesia, PT. A juga menjadi *official sponsorship* bagi 8 *Team Partner* yang mengikuti kejuaraan balap sepeda motor di Indoprix.

Indoprix adalah sebuah *event* balap sepeda motor nasional paling bergengsi yang diselenggarakan oleh IMI (Ikatan Motor Indonesia). Pada musim 2011, *event* diikuti oleh 35 sampai 45 *rider* (*rider* resmi maupun *wildcard* /ujicoba), yang mewakili kurang lebih 20 *Team Partner* dari 4 produsen sepeda motor di Indonesia (ATPM). *Event* ini melombakan kelas balap 110 cc dan 125 cc. *Event* digelar selama 5 kali, di sirkuit bertipe permanen (Sirkuit Internasional Sentul, Sirkuit Park Kenjeran Surabaya, dan Sirkuit Binuang Kalimantan).

Pada *event* Indoprix tersebut, PT.A memberikan *sponsorship* dalam wujud komponen sepeda motor, *financial*, serta saran teknis. Timbal baliknya, *Team Partner* menjadi *partner* promosi PT. A, berprestasi di kejuaraan Indoprix, dan sumber masukan teknis untuk proyek pengembangan mesin sepeda motor.

Secara resmi, PT. A menjadi *sponsorship* kegiatan balap di Indonesia (Motoprix dan Indoprix) mulai tahun 2010, terlambat 15 tahun dari kompetitor yang merapkan strategi promosi serupa.

Untuk mendukung kegiatan *Racing* di *Event* Indoprix, PT. A bertanggung jawab dalam menyediakan komponen mesin kepada *Team Partner*. Komponen-komponen yang disediakan oleh PT. A dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1.1 Komponen *Engine* yang disediakan PT. A

Nama Komponen	Spesifikasi	Keterangan perubahan produk
<i>Cylinder Head</i>	<i>Standard Mass Pro.</i>	Belum tersedia <i>special spec.</i>
<i>Cylinder Comp</i>	<i>Special Spec.</i>	Diameter silinder lebih besar
<i>Crankshaft</i>	<i>Special Spec.</i>	Toleransi <i>Crank-Pin</i> lebih sempit
<i>Crankcase R</i>	<i>Special Spec.</i>	Toleransi <i>Silinder</i> lebih sempit
<i>Crankcase L</i>	<i>Special Spec.</i>	Toleransi <i>Silinder</i> lebih sempit
<i>Cover Cylinder Head</i>	<i>Standard Mass Pro.</i>	(tidak membutuhkan spec khusus)
<i>Tensioner Comp</i>	<i>Standard Mass Pro.</i>	(tidak membutuhkan spec khusus)
<i>Camshaft</i>	<i>Standard Mass Pro.</i>	(<i>non-machining.</i>)
<i>Oil Pump</i>	<i>Special Spec.</i>	<i>Gear Oil Pump</i> lebih besar

Selama musim 2011, prestasi *Team Partner* PT.A masih jauh dari harapan. *Team Partner* yang menggunakan sepeda motor produksi PT.A belum mampu menumbangkan dominasi *rider* dari Kompetitor 1. *Rider* PT.A hanya mampu masuk podium 3 besar sekali, yang dapat dilihat pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Road Map Indoprix 2011 setiap seri (ket. K.1 = Kompetitor 1)

		110 cc					125 cc				
		Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4	Seri 5	Seri 1	Seri 2	Seri 3	Seri 4	Seri 5
Prestasi (Podium ke-)	1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1
	2	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	PT. A	K.1
	3	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1	K.1
Prestasi terbaik Team Partner PT.A		Finish No. 4	Finish No. 6	Finish No. 4	Finish No. 8	Finish No. 5	Finish No. 10	Finish No. 11	Finish No. 7	Finish No. 2	Finish No. 8

Pada Tabel 1.3 klasemen akhir *Rider* Indoprix 2011, dapat dilihat prestasi *Rider* yang menggunakan sepeda motor PT. A masih jauh dari prestasi karena tidak mampu menembus level podium 3 besar.

Tabel 1.3 Klasemen Akhir *Rider* Indoprix 2011

Kelas 110 cc			Kelas 125 cc		
Podium no	Rider	Total Point	Podium no	Rider	Total Point
1	Kompetitor 1	140	1	Kompetitor 1	245
2	Kompetitor 1	115	2	Kompetitor 1	89
3	Kompetitor 1	103	3	Kompetitor 1	74
6	Team Partner PT. A	80	12	Team Partner PT. A	36

Pada Tabel 1.4 klasemen akhir konstruktor Indoprix, dapat dilihat bahwa prestasi *Team Partner* PT. A masih jauh tertinggal dari kompetitor 1. PT. A dapat mencapai peringkat kedua pada klasemen konstruktor karena jumlah peserta yang mewakili PT. A lebih banyak dibandingkan dengan peserta kompetitor lain.

Tabel 1.4 Klasemen Akhir Konstruktor Indoprix 2011

Konstruktor	Total Point 110 cc	Konstruktor	Total Point 125 cc
Kompetitor 1	213	Kompetitor 1	245
PT. A	102	PT. A	89
Kompetitor 2	84	Kompetitor 2	74
Kompetitor 3	74	Kompetitor 3	36

Faktor yang mempengaruhi belum berprestasinya PT. A dalam promosi lewat *Team Partner* di *event* balap Indoprix sangat beragam. Selain disebabkan dari minimnya riset, kualitas dan *skill rider*, belum maksimalnya performa sepeda motor, dll, pada penelitian ini akan dibahas permasalahan akibat kerusakan komponen *mass-pro* untuk *event* balap.

Penelitian ini dilatarbelakangi adanya ketidakpuasan konsumen (8 *Team Partner*) terhadap komponen *Cylinder Head mass-pro* yang disediakan PT. A untuk *event* Indoprix. Selama ini PT.A hanya menyediakan komponen *Cylinder Head* standard *mass pro*. Komponen tersebut masih jauh dari kata berkualitas untuk dipergunakan di *event Indoprix*.

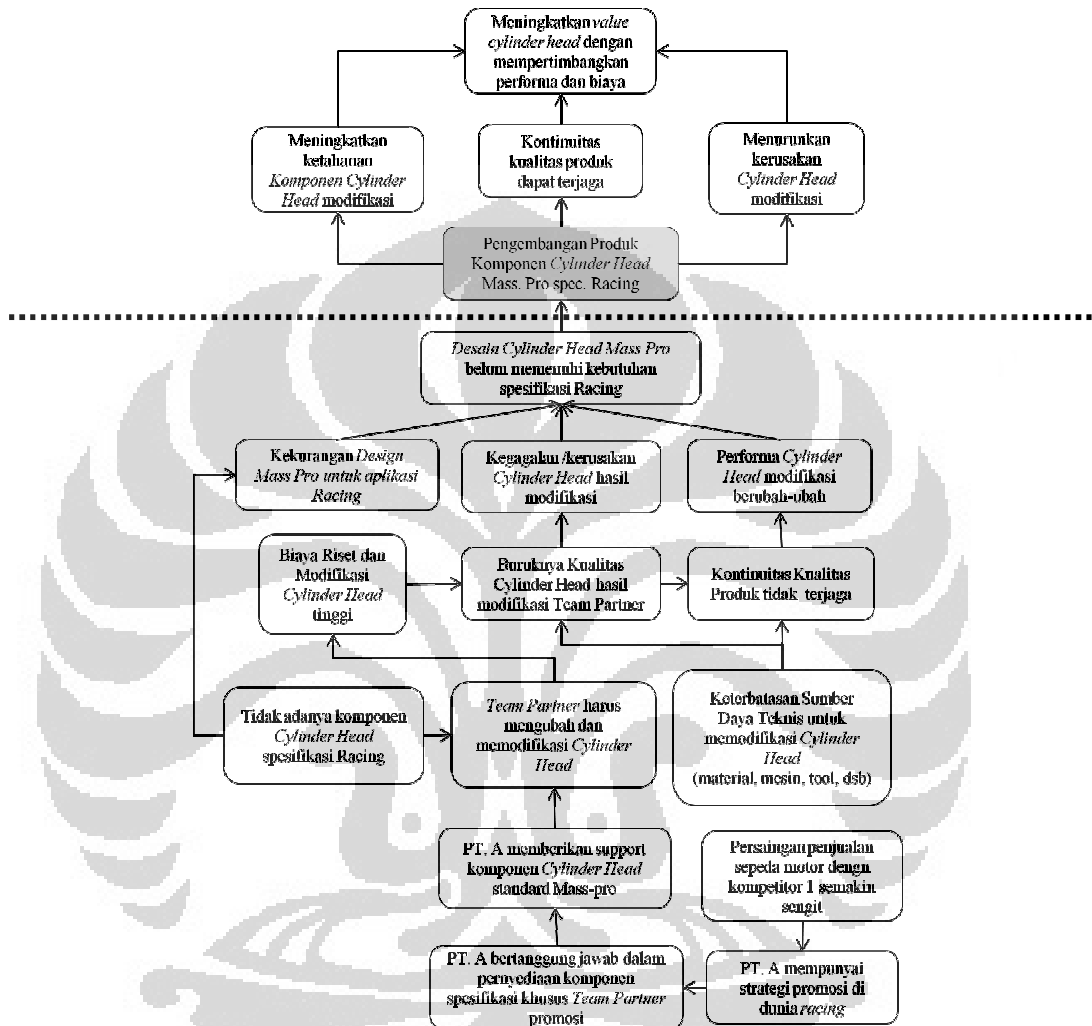
Berdasarkan data kerusakan komponen (dijelaskan di Bab.3), urgencitas pengembangan produk *Cylinder Head* spesifikasi khusus sangat penting. Komponen *Cylinder Head* dapat mendukung 30% dari tenaga sepeda motor. Ternyata, biaya untuk memodifikasi *Cylinder Head mass pro* menjadi *Cylinder Head racing* sangat mahal. Di samping itu, dibutuhkan waktu lebih lama dibandingkan memodifikasi komponen lainnya. Kualitas dan performa komponen juga tidak bisa dipertahankan dalam setiap pembuatan komponen *Cylinder Head*.

Proses pengembangan berdasarkan kebutuhan konsumen terhadap spesifikasi komponen baru. Spesifikasi tersebut telah melalui proses riset yang *Team Partner* lakukan. PT. A bertugas untuk menerapkan kebutuhan-kebutuhan konsumen agar dapat diproduksi dengan lebih baik, presisi, dan proses pembuatannya bisa berulang-ulang dengan spesifikasi yang sama di *inplant* perusahaan.

Di sisi lain, proses pengembangan dan realisasi pembuatan produk pada nyatanya berbenturan dengan sistem produksi massal yang diterapkan di dalam perusahaan. Apalagi tingkat permintaan komponen modifikasi ini kurang lebih hanya 200 komponen setiap tahun. Untuk itu, perlu dipertimbangkan biaya produksinya agar efektif dan efisien. Tujuannya adalah untuk mempertemukan apa yang diinginkan konsumen dengan apa yang bisa PT.A perbuat untuk mewujudkan keinginan konsumen tersebut.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Adapun untuk mengetahui keterikatan permasalahan pada pengembangan produk ini, dapat dilihat di Gambar 1.3 berikut.



Gambar 1.3 Diagram Keterkaitan Masalah

1.3 Rumusan Permasalahan

Permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana menemukan kebutuhan konsumen (8 *Team Partner*) akan spesifikasi komponen *Cylinder Head* spesifikasi khusus terhadap kemampuan dan biaya produksi PT. A.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian pengembangan produk komponen *Cylinder Head* spesifikasi *racing*, dalam hal ini adalah :

- Menghasilkan desain *Cylinder Head* dengan spesifikasi khusus yang didasarkan kebutuhan konsumen (*8 Team Partner*).
- Dapat menentukan kebutuhan konsumen mana yang akan diterapkan, dan mana yang tidak akan diterapkan.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk membatasi penelitian ini, penulis membatasi lingkup penelitian. Batasan dalam penelitian ini antara lain:

- Desain komponen *Cylinder Head* spesifikasi *racing* yang akan dihasilkan adalah untuk tipe sepeda motor KWW saja sebagai *Pilot Project*.
- Konsumen adalah *8 Team Partner* yang mengikuti perlombaan Indoprix, karena PT.A hanya memberikan *sponsorship* bagi 8 tim tersebut. Dalam diskusi *Focus Group*, setiap tim mewakili satu orang.
- Pertimbangan pemilihan desain spesifikasi produk ditentukan oleh pendekatan *QFD (Quality Function Deployment)* dan *Value Analysis*.
- Proses QFD sampai Fase III karena dari QFD Fase III sudah dapat diperoleh perangkat biaya dan proses produksi yang detail.

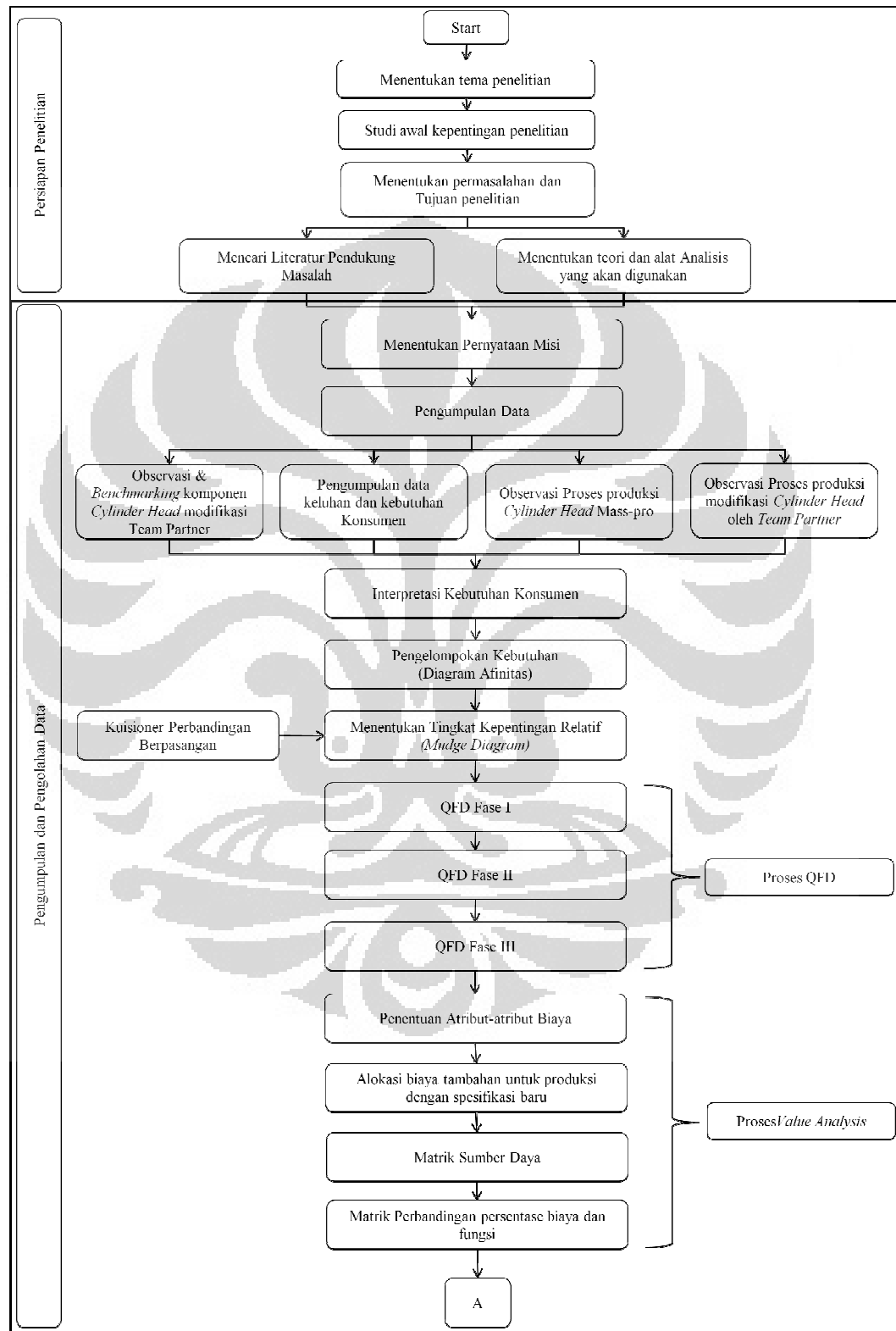
1.6 Metode Penelitian

Metode Penelitian dilakukan dalam tiga tahap metodologi yaitu:

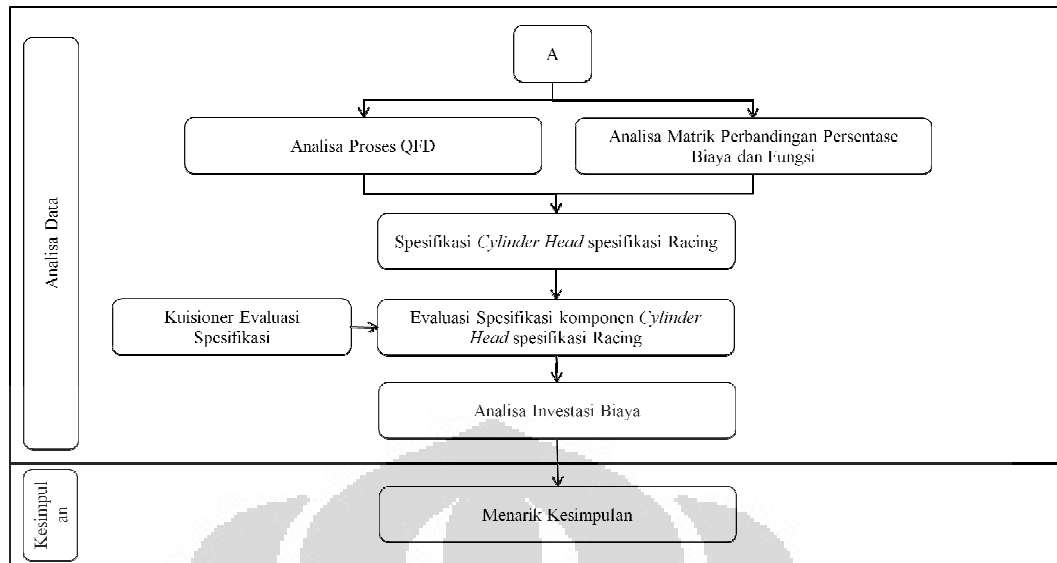
1. Tahap Persiapan Penelitian, yaitu berisi aktifitas dalam menentukan tema penelitian, mendefinisikan permasalahan, dan mencari literatur pendukung untuk menyelesaikan permasalahan.
2. Pengumpulan dan pengolahan data. Sumber data berasal dari Observasi & *benchmarking* komponen *Cylinder Head* modifikasi *Team Partner*, Pengumpulan data keluhan dan kebutuhan konsumen, dan observasi proses produksi modifikasi *Cylinder Head*. Data tersebut kemudian diolah menggunakan metode QFD dalam bentuk *Focus Group* dan dengan pertimbangan *Value Analysis*.
3. Analisa Data, berisi analisa data dari proses *Focus Group* QFD dan *Value Analysis*, dan evaluasi spesifikasi produk sehingga didapat spesifikasi akhir dari komponen produk.

4. Kesimpulan, menarik kesimpulan dari penelitian

Metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.4 berikut:



Gambar 1.4 Metode Penelitian



Gambar 1.4 Metode Penelitian (lanjutan)

1.7 Sistematika Penelitian

Penulisan penelitian dibagi dalam lima bab, yaitu Bab I Pendahuluan, Bab II Landasan Teori, Bab III Pengumpulan dan Pengolahan Data, Bab IV Analisis Data, Bab V Kesimpulan.

Pada Bab I Pendahuluan, penulis memaparkan latar belakang pemilihan topik penelitian dan permasalahan, serta gambaran dasar penelitian dalam bentuk diagram keterkaitan masalah. Tujuan penelitian disertai dengan batasan ruang lingkup untuk menentukan target yang jelas dan membatasi penelitian. Untuk mencapai tujuan, digunakan serangkaian metode dan sistematika penulisan.

Pada Bab II Landasan Teori, penulis memaparkan dasar teori yang di antaranya membahas mengenai definisi produk, definisi kualitas produk, dasar teori dari metode QFD, dan penjelasan beberapa *tools* dari *Value Analysis*.

Pada Bab III, penulis menjelaskan data-data mengenai definisi komponen *Cylinder Head*, pengumpulan data dari konsumen, proses *Focus Group* pada metode QFD I, II, dan III serta pengolahan data dari *tools Value Analysis*.

Bab IV merupakan analisa data yang diperoleh dari QFD dan *Value Analysis* serta pemilihan spesifikasi produk akhir. Disertakan juga analisa investasi biaya yang dikeluarkan perusahaan memenuhi kebutuhan konsumen.

Bab V berisi penarikan kesimpulan penelitian, dan saran-saran untuk penelitian berikutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Produk

2.1.1 Definisi Produk

Produk dapat diartikan sebagai keluaran (*output*) yang diperoleh dari sebuah proses produksi (transformasi) dan merupakan penambahan nilai dari bahan baku (*material input*) dan merupakan komoditi yang dijual perusahaan kepada konsumen. Proses transformasi menyebabkan terjadinya perubahan bentuk maupun dimensi fisik dari bahan baku serta sifat-sifat material lainnya sesuai dengan rancangannya. Proses transformasi ini akan berarti positif apabila diikuti dengan adanya penambahan nilai (*value added*) dari output yang dihasilkan baik berupa penambahan nilai fungsional maupun ekonomi (Merle Crawford & Benedetto Anthony, 2003).

Kotler (1998) mendefinisikan produk sebagai apa saja yang dapat ditawarkan ke dalam pasar untuk memperoleh suatu perhatian, permintaan, pemakaian, atau konsumsi yang mungkin dapat memuaskan dan memenuhi sebuah keinginan ataupun kebutuhan.

Sedangkan, Stanton (1996) mendefinisikan produk sebagai kumpulan dari atribut-atribut yang nyata maupun tidak nyata, termasuk di dalamnya kemasan, warna, harga, kualitas dan merk ditambah dengan jasa dan reputasi penjualannya untuk memenuhi kebutuhan konsumen.

2.1.2 Kualitas Produk

Produk erat sekali dengan kualitasnya. Kualitas suatu produk dapat menjadi pegangan mengenai tingkat kemampuan suatu produk mampu memenuhi apa yang konsumen butuhkan terhadap produk tersebut. Menurut Kotler and Armstrong (2004), kualitas produk diartikan sebagai kemampuan sebuah produk dalam memperagakan fungsinya. Hal itu termasuk keseluruhan durabilitas,

reliabilitas, ketepatan, kemudahan pengoperasian dan reparasi produk juga atribut produk lainnya.

Apabila ingin mempertahankan keunggulan kompetitif dalam pasar, perusahaan harus mengerti aspek dimensi apa saja yang digunakan oleh konsumen untuk membedakan produk dengan produk lain. Dimensi kualitas produk menurut Mullins, Orville, Larreche, dan Boyd (2001) terdiri dari :

1. *Performance* (kinerja), berhubungan dengan karakteristik operasi dasar dari sebuah produk.
2. *Durability* (daya tahan), yang mencakup berapa lama atau umur produk yang bersangkutan bertahan sebelum produk tersebut harus diganti. Semakin besar frekuensi pemakaian konsumen terhadap produk maka semakin besar pula daya tahan produk.
3. *Conformance to specifications* (kesesuaian dengan spesifikasi), yaitu sejauh mana karakteristik operasi dasar dari sebuah produk memenuhi kebutuhan spesifikasi dari konsumen atau tidak ditemukannya cacat pada produk.
4. *Features* (fitur), adalah karakteristik produk yang dirancang untuk menyempurnakan fungsi produk atau menambah ketertarikan konsumen terhadap produk.
5. *Reliability* (reliabilitas), adalah probabilitas bahwa produk akan bekerja dengan memuaskan atau tidak dalam periode waktu tertentu. Semakin kecil kemungkinan terjadinya kerusakan maka produk tersebut dapat diandalkan.
6. *Aesthetics* (estetika), berhubungan dengan bagaimana penampilan produk bisa dilihat dari tampak, rasa, bau, dan bentuk dari produk.
7. *Perceived Quality* (kesan kualitas), merupakan hasil dari penggunaan pengukuran yang dilakukan secara tidak langsung karena terdapat kemungkinan bahwa konsumen tidak mengerti atau kekurangan informasi atas produk yang bersangkutan. Jadi, persepsi konsumen terhadap produk didapat dari harga, merek, periklanan, reputasi.

2.1.3 *Product Customized*

Menurut Karl T Ulrich & Steven D. Epinge (2001), produk yang mengalami perancangan dan pengembangan dapat dikelompokkan menjadi:

Tabel 2.1 Jenis Produk dalam Pengembangan Generik

Jenis Produk	Uraian	Proses Pengembangan	Contoh-contoh
<i>Market Pull</i>	Perusahaan mengawali dengan peluang pasar kemudian mendapatkan teknologi yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pelanggan	-	Alat-alat olah raga, <i>furniture</i> , alat bantu kerja
<i>Technology Push</i>	Perusahaan mengawali dengan suatu teknologi baru, kemudian mendapatkan pasar yang sesuai	Tahap perencanaan melibatkan kesesuaian antara teknologi dan kebutuhan pasar. Pengembangan konsep mengasumsikan bahwa teknologinya telah tersedia	Pakaian hujan GoreTex, amplop Tyvek
<i>Produk Platform</i>	Perusahaan mengasumsikan bahwa produk baru akan dibuat berdasarkan sub-sistem teknologi yang telah ada	Proses pengembangan mengasumsikan adanya suatu teknologi platform	Peralatan elektronik, computer, dan printer
<i>Process Intensive</i>	Karakteristik produk sangat dibatasi oleh proses produksi	Proses dan produk harus dikembangkan bersama-sama dari awal atau proses produksi harus dispesifikasi sejak awal	Makanan ringan, cereal, bahan kimia, semikonduktor
<i>Customized</i>	Produk baru memungkinkan sedikit variasi dari model yang sudah ada	Sama dengan proyek yang memungkinkan proses pengembangan yang sangat terstruktur	Sakalr, sepeda motor, baterai, kontainer

Dalam studi kasus pengembangan komponen *Cylinder Head spec. racing* ini, proses pengembangan dapat dimasukkan pada proses pengembangan *Product Customized*. Produk merupakan variasi dari konfigurasi standard dan berdasarkan jenisnya dikembangkan untuk menjawab pesanan khusus dari konsumen. Pengembangan produk-produk *customized* terdiri dari penentuan nilai-nilai variable rancangan seperti dimensi fisik dan material. Ketika pelanggan meminta suatu produk tertentu, perusahaan melakukan rancangan terstruktur dan proses pengembangan untuk merancang produk guna memenuhi kebutuhan pelanggan. Beberapa perusahaan telah melakukan proses pengembangan dengan detail yang melibatkan urutan langkah yang terdefinisi dengan baik dengan aliran informasi terstruktur (analog dengan suatu proses produksi).

2.2 Proses Perancangan dan Pengembangan Produk

Tidak dapat dipungkiri bahwa dalam meningkatkan proses bisnis, perusahaan menemui berbagai macam tantangan. Semakin lama, tuntutan pasar terhadap suatu produk semakin bervariasi, dan semakin tinggi. Belum lagi dipengaruhi juga adanya penemuan teknologi-teknologi baru yang cepat bervariasi dan bergerak cepat. Hal itu membuat peta persaingan bisnis menjadi semakin ketat, sehingga menuntut perusahaan berpikir untuk memperbaharui produknya. Maka, untuk tetap berada dalam pemenuhan kebutuhan yang berkelanjutan, produk harus mengalami pengembangan atau inovasi.

Inovasi pertama diperkenalkan oleh Joseph Schumpeter (1934) yang menjelaskan inovasi sebagai proses mengkreasikan dan mengimplementasikan sesuatu menjadi kombinasi yang baru (bisa berwujud produk, proses, metode, organisasi, suplai produksi, dll). Inovasi berasal dari “*to innovate*” yang berarti membuat perubahan atau memperkenalkan sesuatu yang baru. Inovasi juga dapat diartikan sebagai eksploitasi kesuksesan terhadap ide-ide baru pemberian nilai tambah pada suatu produk (Millson, Department of Trade and Industry, UK, 2008).

Pengembangan suatu produk bukan suatu kejadian sementara dan berjalan cepat, namun membutuhkan langkah yang sistematis, terukur, dan mempunyai batasan yang jelas. Proses pengembangan produk didefinisikan sebagai urutan langkah-langkah atau kegiatan-kegiatan di mana suatu perusahaan berusaha menyusun, merancang, dan mengkomersialkan suatu produk, memberikan nilai tambah untuk semakin mendekati pada pemenuhan kebutuhan konsumen.

Alasan suatu perusahaan harus melakukan pengembangan terhadap produknya adalah:

1. Tetap kompetitif dalam pasar.
2. Meningkatkan kepuasan akan pemenuhan kebutuhan konsumen terhadap produk terkait.
3. Meningkatkan *profit* dan pertumbuhan bisnis.
4. Mencegah penurunan besar-besaran dari kompetisi produk di pasaran.
5. Memperbaiki kualitas produk.
6. Memperbaiki proses produksi untuk mengurangi biaya produksi dan sumber daya lain menjadi lebih efektif.

Pada dasarnya setiap perubahan pada setiap produk yang menambah nilai suatu produk dapat digolongkan sebagai inovasi, sebagai hasil proses perancangan dan pengembangan produk. Karl T Ulrich & Steven D. Epinge (2001) menggolongkan empat kelompok dasar pengembangan produk, yaitu,

1. Platform produk baru:

Tipe proyek ini melibatkan usaha pengembangan utama untuk merancang suatu keluarga produk baru berdasarkan platform yang baru dan umum. Keluarga produk baru akan memasuki kategori pasar dan produk yang sudah dikenal.

2. Turunan dari platform produk yang telah ada:

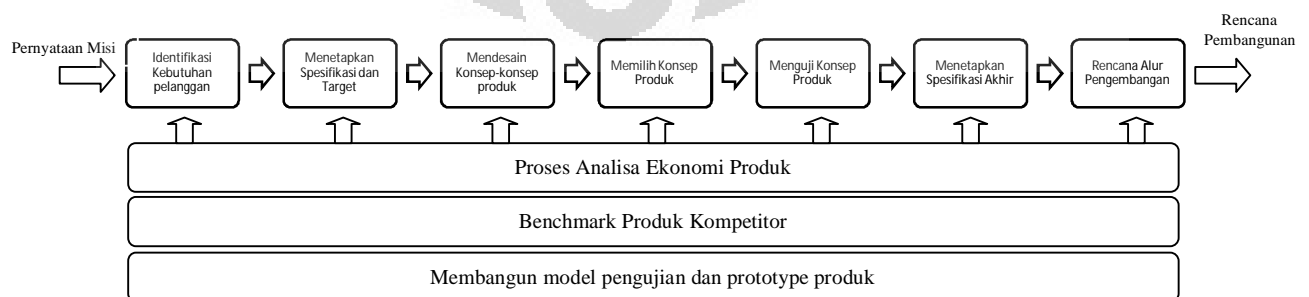
Proyek-proyek ini memperpanjang platform produk supaya lebih baik dalam memasuki pasar yang telah dikenal dengan satu atau lebih produk baru.

3. Peningkatan/perbaikan untuk produk yang telah ada:

Proyek-proyek ini mungkin hanya melibatkan penambahan atau modifikasi beberapa detail produk dari produk yang telah ada dalam rangka menjaga lini produk yang ada pesaingnya.

4. Pada dasarnya produk baru:

proyek-proyek ini melibatkan produk yang sangat berbeda atau teknologi produksi dan mungkin membantu untuk memasuki pasar yang belum dikenal dan baru. Proyek-proyek ini umumnya melibatkan lebih banyak resiko, dan keberhasilan jangka panjang perusahaan tergantung dari apa yang dipelajari melalui proyek-proyek penting ini



Gambar 2.1 Urutan Proses Perancangan dan Pengembangan Produk

2.2.1 Pernyataan Misi

Pernyataan misi adalah permulaan dasar dimulainya pengembangan produk karena mampu menjelaskan ke mana arah pengembangan akan tertuju. Pernyataan misi tidak menjelaskan tempat tujuan dan cara untuk mencapainya. Pernyataan Misi berisi judul besar pengembangan produk, asumsi-asumsi terhadap pengembangan produk, sasaran pasar produk, asumsi-asumsi yang diperkirakan, batasan pengembangan produk, dan *stake holder*.

2.2.2 *Quality Function Deployment (QFD)*

Identifikasi kebutuhan pelanggan sangat berguna dalam proses pengembangan produk untuk semakin mendekatkan pada sasaran bagaimanakah sebenarnya yang diinginkan oleh konsumen. Model identifikasi kebutuhan pelanggan dapat ditentukan menggunakan konsep *Quality Function Deployment*.

Konsep QFD pertama kali dikemukakan oleh Dr. Yoji Akao di Jepang pada 1966. Akao mendefinisikan QFD sebagai sebuah metode untuk mendefinisikan desain kualitas dengan ekspektasi konsumen, kemudian menerjemahkannya ke desain target dan point kritikal kualitas, sehingga dapat digunakan fase pengembangan produksi / jasa. QFD adalah sebuah *tool* manajemen yang sangat efektif, berdasarkan ekspektasi konsumen, yang umum digunakan untuk mengendalikan proses pengembangan produk atau mengembangkan jasa dalam sebuah industri. (Dale, Carol, Glen, Mery Besterfield, 2003).

Definisi lain mengatakan bahwa QFD adalah pendekatan sistematis untuk desain berdasarkan kebutuhan pelanggan, dengan cara menerjemahkan keinginan pelanggan ke dalam karakteristik untuk setiap tahap pengembangan produk (Rosenthal, 1992).

QFD mampu membantu untuk menerjemahkan suara pelanggan (*Voice of Customer; VOC*) menjadi seberapa besar usaha yang akan dilakukan perusahaan untuk mewujudkan kebutuhan tersebut. Metode QFD berguna untuk menerjemahkan kriteria kualitas subjektif konsumen menjadi kualitas objektif yang dapat diukur dan yang kemudian dapat digunakan untuk mengembangkan produk.

Japan Industrial Standard (JIS Q 9025) juga mendefinisikan QFD sebagai metode untuk membantu organisasi untuk mencapai peningkatan kinerja yang efektif dan efisien pada sistem manajemen dan menyediakan metode untuk penyebaran dan realisasi suara konsumen dari karakteristik produk yang berkualitas dan elemen produk untuk elemen proses.

QFD telah banyak diterapkan oleh perusahaan sebagai alat pengembangan produk dan perbaikan berkelanjutan pada proses produksi. Salah satu contoh kesuksesan QFD adalah saat diterapkan pada produksi mini-vans Toyota 1977, dimana QFD dapat mereduksi 20% dari biaya *setup*, dan terus meningkat setahun kemudian menjadi 38 %.

Dalam penerapannya, terdapat 3 alasan mengapa QFD digunakan dalam proses pengembangan produk:

1. QFD bisa berdasarkan data kebutuhan yang terungkap maupun yang tidak terungkap oleh konsumen.
2. QFD mampu menerjemahkan kebutuhan ke dalam karakteristik dan spesifikasi teknis.
3. QFD dapat memberikan kualitas produk atau layanan dengan memfokuskan setiap kegiatan proses pengembangan terhadap kepuasan konsumen.

Penerapan QFD dalam proses perencanaan dan pengembangan produk mempunyai beberapa manfaat, antara lain (David L. Goetsch, Stanley B. Davis, 2004, p.611) :

1. Fokus pada konsumen, karena semua data dari pengolahan fase QFD diolah berdasarkan data yang didapat dari kebutuhan dan keinginan konsumen terhadap pengembangan produk.
2. Efisiensi waktu proses pengembangan. QFD dapat mengurangi waktu proses pengembangan karena berfokus pada identifikasi kebutuhan konsumen yang jelas. Karenanya, waktu tidak terbuang untuk mengembangkan komponen atau fitur yang sebenarnya tidak diinginkan oleh konsumen.

3. Orientasi kerjasama tim, QFD pada dasarnya adalah metode dengan pendekatan *teamwork*. Semua proses pada QFD berdasarkan konsensus dari proses diskusi dan *brainstorming* atau *Focus to Group*.
4. Orientasi pada dokumentasi yang jelas dan rapi. Produk yang dihasilkan menggunakan proses QFD akan memiliki dasar dokumen yang jelas, tidak hanya berdasarkan *skill* dan *insting* dari peserta diskusi. Dokumen tersebut berisi semua alasan, pertimbangan, identifikasi kebutuhan, dan spesifikasi akhir dari proses diskusi dalam QFD. Dokumen tersebut juga dapat diperbaharui terus menerus jika ditemukan temuan yang lebih relevan.

2.2.2.1 Sejarah *Quality Function Deployment*

Quality Function Deployment (QFD) ditemukan sesaat setelah Industri Jepang sedang jatuh pasca Perang Dunia II. Pada saat itu, terdapat transformasi konsep pengembangan produk dari cara imitasi dan menyalin, mulai beralih berdasarkan originalitas. Pada era 1960-1965, QFD mulai diperkenalkan di Jepang di saat Industri Mobil Jepang berada dalam pertumbuhan yang cepat, serta membutuhkan pengembangan produk baru, dan perubahan model terus menerus.

Pada tahun 1972, Dr. Yoji Akae mengumpulkan konsep dan pengalaman dalam sebuah publikasi di mana pendekatan ini dijelaskan dengan istilah "*Hinshitsu Tenkai*" (*Quality Deployment - QD*). Sebenarnya kata ini berasal dari bahasa Jepang yang terdiri dari tiga kata yang mempunyai makna:

- (1) *Hinshitsu* yang berarti *features* atau *qualities*
- (2) *Kino* yang berarti *function* atau *mechanization* dan
- (3) *Tenkai* yang berarti *deployment*, "*diffusion*", "pengembangan" atau "*evolution*" sehingga kemudian dalam bahasa Inggris diterjemahkan sebagai *Quality Function Deployment (QFD)*.

Metode tersebut berguna untuk menggambarkan secara lebih luas tentang proses desain startup produksi, poin-poin penting jaminan kualitas yang diperlukan, dan hal-hal terkait lain untuk memastikan kualitas desain seluruh proses produksi. QD didefinisikan sebagai metodologi yang mengubah permintaan pengguna ke dalam karakteristik kualitas, menentukan kualitas desain yang baik pada produk jadi, dan secara sistematis menggambarkan secara lebih

detail menjadi elemen kualitas dari suatu komponen, elemen proses pembuatannya, dan hubungannya.

Pengenalan QFD ke Amerika dan Eropa dimulai pada 1983 ketika sebuah artikel Dr. Yoji Akao, "*Quality Progress*" diterbitkan oleh *American Society of Quality Control*. Pada saat yang sama, Dr. Yoji Akao memberikan seminar di Chicago mengenai "*Corporate Wide Quality Control and Quality Deployment*"

Pada tahun 1987, *Japanese Standards Association (JSA)* menerbitkan sebuah buku yang berfokus pada studi kasus QFD. Buku itu kemudian diterjemahkan dan diterbitkan di Amerika Serikat dan Jerman. Sebuah buku pengantar tentang QFD diterbitkan pada tahun 1990 oleh lembaga JUSE, dan buku inilah yang digunakan oleh banyak perusahaan saat ini.

2.2.2.2 Empat Fase QFD

Pada aplikasi dalam perancangan dan pengembangan produk, QFD dapat dibagi dalam beberapa fase (Dale, Carol, Glen, Mery, Besterfield, 2003):

Fase 1: Perencanaan Produk

Pada fase 1, yang biasa dikenal adalah menyusun Rumah Kualitas (*House of Quality*). Data awal berasal dari kebutuhan konsumen (*Customer Attributes*). Pada fase ini, pengumpulan data kebutuhan konsumen (*Voice of Customer*) dipimpin oleh bagian pemasaran, walaupun pada banyak kasus sudah melibatkan ahli teknis produk maupun ahli teknis manufaktur. Mendapatkan data yang baik, akurat, dan terukur penting untuk keberhasilan keseluruhan proses QFD. Data tersebut kemudian diterjemahkan menjadi *Technical Resposes* yang pada fase 1 ini disebut *Quality Characteristic*. Fase 1 ingin menjawab pertanyaan produk seperti apakah, sebuah "produk yang baik" bagi pelanggan kita?

Fase 2: Desain Produk

Pada umumnya, fase 2 ini dipimpin oleh bagian rekayasa produk. Desain produk membutuhkan kreativitas dan ide-ide tim yang inovatif. Konsep produk detail yang diciptakan selama fase ini harus dijelaskan secara detail dan spesifikasi teknisnya terdokumentasi dengan baik. Pada fase ini,

Technical Responses (Quality Characteristic) pada fase 1 dijabarkan menjadi *Part Characteristic*.

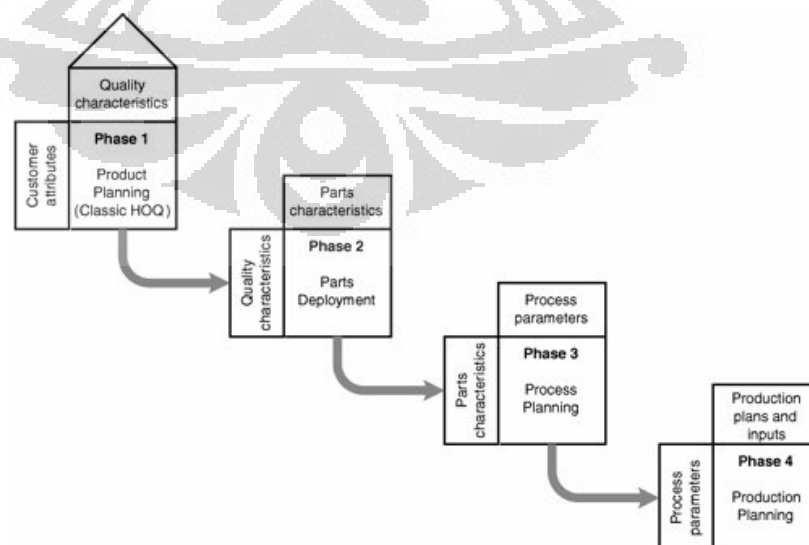
Fase 3: Perencanaan Proses

Perencanaan proses pada umumnya dipimpin oleh rekayasa proses manufaktur, karena mereka lah yang terlibat langsung dan mengerti proses pembuatan suatu barang. Selama perencanaan proses ini, proses pembuatan barang ditampilkan dalam bentuk *flowchart* untuk membantu proses desain. *Part Characteristic* pada fase 2 didefinisikan menjadi *Process Parameters*.

Fase 4: Perencanaan Produksi

Dan akhirnya, dalam perencanaan produksi, kinerja indikator diciptakan untuk melihat bagaimana proses produksinya, jadwal pemeliharaan, pelatihan ketrampilan bagi operator, serta hambatan yang terjadi saat proses produksi. Dalam fase ini, ditentukan juga proses yang menimbulkan risiko yang paling dan kontrol diletakkan di tempat untuk mencegah kegagalan. *Process Parameters* pada Fase 3 didefinisikan lagi menjadi *Production Plans & Inputs*.

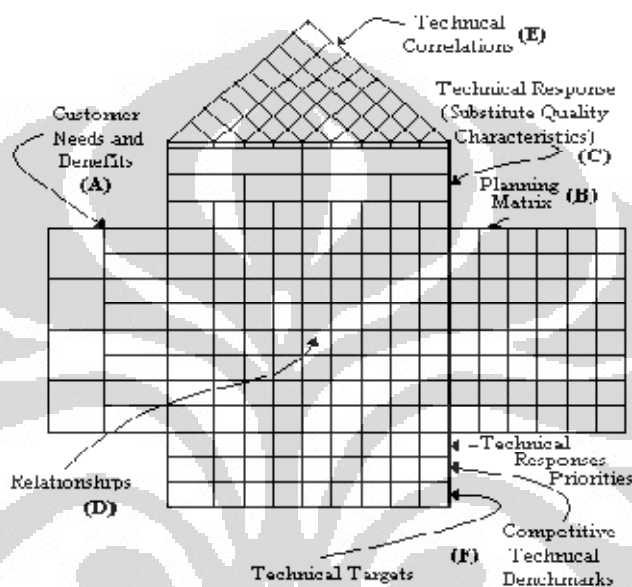
Empat fase dari QFD dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut:



Gambar 2.2 Empat Fase QFD

2.2.2.3 House of Quality (HOQ)

Dalam aplikasinya, metodologi QFD ditampilkan dalam sebuah matrik yang disebut *House of Quality*. Disebut sebagai “rumah” karena bentuk tabelnya yang mirip dengan sebuah rumah yang memiliki tubuh dan atap. HOQ berguna untuk mengidentifikasi kebutuhan konsumen. HOQ mempunyai beberapa bagian yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut (Kai Yang & Basem S, El Haik, 2003).



Gambar 2.3 House of Quality

A. Customer Needs & Benefit (Voice of Customer VOA)

Customer Needs and Benefits atau Matrik *Whats* dari HOQ berisikan daftar terstruktur atas keinginan dan kebutuhan konsumen (*customer want and needs*) untuk produk/jasa. Langkah-langkah dalam membuat bagian ini adalah sebagai berikut:

a) Menentukan kebutuhan kasar dari *customer*

Terdapat dua cara untuk mengukur kepentingan kebutuhan dan keinginan konsumen, yaitu dengan menanyakan langsung pada konsumen, atau dengan menduga kepentingan tersebut dari data-data lainnya (Robert Klein, 1997). Dengan menanyakan secara langsung, pelanggan ditanya tentang seberapa penting suatu atribut dengan atau tanpa dikaitkan atribut lainnya. Tingkat kepentingan atribut yang diukur dengan metode langsung biasanya disebut

stated importance. Metode kedua yang menduga tingkat kepentingan mengukur seberapa kuat tingkat kepuasan suatu atribut dikaitkan dengan kepuasan produk keseluruhan.

b) Membuat diagram afinitas

Diagram afinitas merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi informasi yang bersifat kualitatif dan terstruktur secara hirarkis (*bottom-up*), dimana korelasi antara informasi-informasi yang didapat didasarkan pada intuisi tim yang berkompeten dalam proses QFD. Sumber ide dalam afinitas berasal dari sumber internal dan eksternal. Ide yang datangnya dari sumber internal diperoleh dari proses *brainstorming* oleh anggota tim QFD, dimana proses tersebut tidak diawali adanya data yang mendukung. Tujuan dari *brainstorming* ini lebih diarahkan pada pemahaman sesama anggota tim terhadap permasalahan yang ada. Ide eksternal diperoleh dari kenyataan yang ada yang umumnya diidentifikasi dari konsumen.

c) Menentukan Tingkat Kepentingan Relatif (*Importance to Customer*)

Tidak semua kebutuhan dari konsumen penting untuk ditindaklanjuti. Untuk itu, tim pengembangan produk harus menentukan tingkat kepentingan dari setiap poin-poin yang menjadi prioritas utama, prioritas kedua, ataupun tidak menjadi prioritas. Pada umumnya diwakili dengan penggunaan angka 5 untuk tingkat kepentingan tinggi, dan angka 1 dengan tingkat kepentingan rendah. Proses penentuan kepentingan relative dapat dilakukan dengan menggunakan metode rata-rata, *standard deviasi*, *mudge diagram*, *AHP*, dan lain-lain.

B. Planning Matrik

Bagian ini berisi informasi penting tentang penilaian desain yang akan dan telah dikembangkan berdasarkan keinginan dan kebutuhan konsumen saat ini. Bagian yang penting pada Planning Matrik ini adalah (Dale, Carol, Glen, Mery, Besterfield, 2003):

a) *Row Weight*

Kolom ini berisi data berdasarkan hasil perhitungan dari data dan keputusan yang dibuat dalam *Planning Matrik*. Menghitung *row weight* dapat mengetahui tingkat kepentingan masing-masing *criteria customer*

and benefits dengan mempertimbangkan hal-hal yang penting seperti *importance ratio*. Semakin besar nilai *raw weight* maka semakin penting *customer needs* tersebut bagi organisasi / perusahaan dalam memenuhi tingkat kepuasan pelanggan.

$$RW_i = IW_i \times SP_i \times IR_i \dots \dots \dots (2.1)$$

RW_i =Row Weight atribut i

IW_i =Bobot tingkat kepentingan untuk atribut konsumen i

SP_i =Sales Point untuk atribut i

IR_i =Importance Ratio atribut i

b) Sales Point

Sales point merupakan nilai yang diberikan oleh perusahaan berdasarkan kemampuan daya jual fungsi tersebut. *Sale Point* dibagi 3 yaitu

- 1 = fungsi memiliki daya jual kecil
- 1,2 = fungsi memiliki daya jual sedang
- 1,3 = fungsi memiliki daya jual tinggi

c) Normalized Row Weight

Adalah nilai *Raw Weight* dalam bentuk persentase. Nilai *normalized raw weight* menunjukkan urutan pembobotan suatu *kriteria customer needs and benefits* secara keseluruhan. NRW digunakan sebagai pertimbangan pemilihan prioritas *Technical Responses* sebagai rencana peningkatan kualitas produk. NRW dihitung sebagai:

$$NRW_i = \frac{RW_i}{\sum_{i=1}^n (RW_i)} \dots \dots \dots (2.2)$$

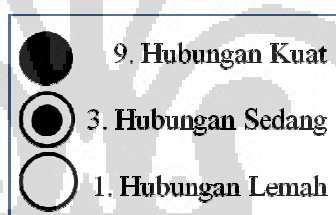
C. Technical Responses

Technical response atau disingkat juga dengan matrik *How's* berisi data atau informasi teknis yang digunakan perusahaan untuk mendeskriptifkan kinerja dari produk atau jasa yang disediakan. Matrik ini merupakan translasi dari kriteria kebutuhan pelanggan (*voice of customer*) ke dalam gambaran bagaimana produk atau jasa tersebut dikembangkan (*voice of developer*). Cara yang dapat

digunakan untuk menentukan isi dari matrik ini adalah dengan menentukan dimensi dan cara mengukurnya, dengan melihat fungsi produk atau jasa tersebut dan subsistemnya. Sementara itu untuk ukuran kinerja di bidang jasa dapat menggunakan pendekatan proses atau jalannya proses dari pelayanan jasa tersebut dari awal hingga akhir sampai ke konsumen.

D. Matrik Relationship

Matrik relationship menyatakan hubungan yang terjadi antara *Customer need* dan *Technical Response*. Setiap hubungan menunjukkan kekuatan hubungan antara satu *technical response* dengan satu VOC. Kekuatan hubungan ini disebut pengaruh (*impact*) dari *technical response* terhadap VOC. Kemungkinan dalam *Relationship Matrik* akan digambarkan oleh simbol-simbol untuk memudahkan dalam visualisasi dengan pembagian atribut respon teknis sangat kuat, kuat, sedang, atau tidak saling terhubung sama sekali. Kekuatan hubungan tersebut dilambangkan dengan angka 0, 1, 3, 9.



E. Technical Correlation

Korelasi teknis mengidentifikasi hubungan yang terjadi pada tiap bagian dari rekayasa teknis (*design requirement*) yang dinyatakan dengan matrik korelasi. Penjelasan tentang tingkat kepentingan hubungan serta keterkaitan antara *design requirement*, dijelaskan dengan symbol tertentu yang mengartikah apakah terjadi hubungan yang sangat positif, positif, negatif, sangat negatif, atau tidak ada korelasi sama sekali.

F. Technical Target

Bagian ini berisi beberapa informasi tentang tingkat kepentingan dari setiap *Technical Response* berdasarkan penilaian perusahaan yang dapat diukur

dan ditentukan dengan jelas. Pada umumnya ditentukan dengan suatu nilai tertentu dan dilengkapi dengan satuan-satuan pengukuran yang jelas.

G. *Absolute Importance*

Absolute Importance merupakan suatu ukuran yang menunjukkan prioritas *Technical Responses* yang akan dilaksanakan dengan melihat hubungan antara *Technical Responses*, *Customer Requirement*, dan *Customer Importance*. *Absolute Importance* dapat dihitung sebagai

$$\text{Absolute Importance}(AI) = \sum_{i=1}^n (M(i, j) \times IR_i) \dots \dots \dots (2.3)$$

M=Relationship Matrik

IR=Relative Importance of Customer Requirement

I. *Relative Importance*

Relative Importance adalah nilai dari *absolute importane* yang dinyatakan dengan persen kumulatif. Rumusnya adalah

$$RI = \frac{AI}{\sum AI} \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

2.3 Value Analysis

Value (nilai) sulit didefinisikan dalam suatu kalimat yang tepat karena cakupan pengertiannya yang sangat luas. Jika kembali 2000 tahun yang lalu, Aritoteles membagi *value* dalam 7 kelas yang berbeda, menjadi *economic value*, *politic value*, *social value*, *aesthetics value*, *ethical value*, *religious value*, dan *judicial value*. Melihat pembagian tersebut, *value* pada rekayasa teknik masuk pada *economic value*, dan *economics value* di sini nantinya akan lebih mengarah kepada *cost value*. *Cost value* didefinisikan menjadi menyederhanakan dari total biaya produksi, misal jumlah pekerja, material, atau biaya *overhead*. *Value* selalu bersifat relatif, dan hanya dapat berdiri jikalau dibandingkan dengan referensi tertentu, yang disebut *value standard*.

Value Analysis adalah suatu alat investigasi yang metodologis terhadap semua komponen dari produk untuk menemukan dan mengeliminasi biaya-biaya yang tidak perlu tanpa merusak, mengganggu, mengurangi performa dari suatu produk (John H Fasal, 1972). Tujuan dari setiap studi VA adalah untuk meningkatkan nilai dengan mempertahankan atau meningkatkan performa, sementara pada saat yang sama mengurangi biaya keseluruhan.

Sebuah produk atau jasa umumnya mempunyai *value* yang baik saat mempunyai kesesuaian antara performa dan biaya. Sehingga *value* bisa dinaikkan dengan cara (Miles D. Lawrence.1948):

- *Value* akan selalu naik dengan menurunkan biaya (dengan syarat tetap menjaga performa)
- *Value* akan meningkat dengan menaikkan performa jika kebutuhan konsumen memang menginginkan demikian, dan bersedia membayar lebih untuk menaikkan performa.

Nilai dapat dinyatakan sebagai (John H Fasal, 1972):

$$Value = \frac{Performance}{Cost} \dots\dots\dots(2.5)$$

Nilai maksimal dari *value* tidak akan pernah tercapai. *Value* dapat dicapai 100 persen sempurna jika biaya aktual dari pembuatan suatu produk, sebanding dengan nilai performa dan fungsi barang tersebut (Miles D. Lawrence.1948).

Merujuk persamaan tersebut, sangat mudah untuk mendefinisikan biaya yaitu dengan nominal mata uang. Di sisi lain, sangat sulit untuk mengukur *performance* dalam mata uang karena performa tidak bisa secara langsung dapat diukur begitu saja. *Performance* dapat ditentukan dengan cara dibandingkan.

Performance dapat diartikan sebagai seberapa besar kepentingan kita terhadap barang tersebut. Pada umumnya, nilai *performance* diambil dari data kuisisioner dan observasi langsung ke konsumen. *Cost* adalah seberapa besar biaya yang kita keluarkan untuk mewujudkan *performance* tersebut.

Value yang besar jikalau *performance* dan *cost* sebanding, yaitu bahwa besar biaya yang kita keluarkan sebanding dengan kualitas produk yang akan kita

dapatkan. Namun di sisi lain, *value* dikatakan rendah apabila nilai *performance* dengan biaya yang dikeluarkan tidak sebanding.

2.3.1 *Mudge Diagram*

Mudge Diagram adalah sebuah matrik yang menggambarkan perbandingan dari fungsi-fungsi kebutuhan konsumen, dimana kebutuhan tersebut sebelumnya telah mengalami perbandingan berpasangan (Bonita Alveranga Flavia, Guiseppa Dedini Franco, Campinas State University, 2005)

Mudge Diagram dapat memperlihatkan tingkat kepentingan relatif dari kebutuhan fungsi-fungsi yang dibutuhkan konsumen. Contoh *Mudge Diagram* dapat dilihat pada gambar 2.4.

												TOTAL	%	Ranking
A	A2	C3	D2	E3	A3	A1	A1	A2	J2	K3	A1	10	8.77	6
B	C3	D1	E2	B2	B1	B2	B1	J1	K3	B3	9	7.89	7	
C	D1	C2	C1	C1	C1	C1	J1	K3	C1	13	11.40	4		
D	E1	D2	D2	D1	D1	J1	K1	D2	12	10.52	5			
E	E3	E2	E1	E1	J1	E1	E1	15	13.16	3				
F	G1	H1	F4	J2	K1	L1	1	0.88	11					
G	G2	G3	J2	K3	G1	7	6.14	8						
H	H3	J1	K3	H2	5	4.39	9							
I	J2	K2	L2	0	0.00	12								
J	J3	J1	17	14.92	2									
K	K3	22	19.30	1										
L	3	2.63	10											
											114	100.00		

Gambar 2.4 Contoh *Mudge Diagram*

2.3.2 Matrik Sumber Daya

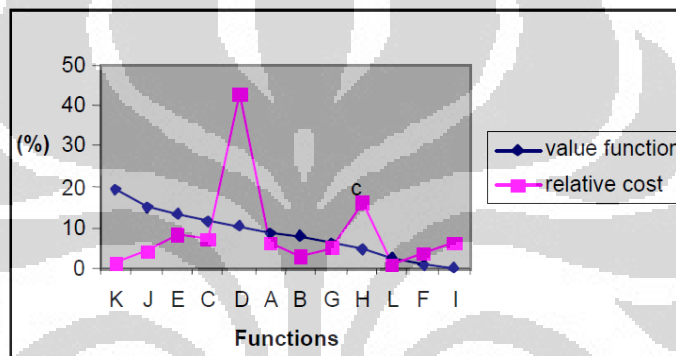
Matrik sumber daya (*Matrix of Resources*) adalah penjabaran biaya-biaya yang diperlukan untuk mewujudkan kebutuhan konsumen (Ramos da Silva, Fabio, 2004). Biaya-biaya tersebut didefinisikan menjadi atribut biaya yang lebih detail terlebih dahulu kemudian digambarkan pada matrik sumber daya. Hubungan sumber daya dan fungsi belum tentu berpasangan satu-satu, namun bisa juga satu atribut biaya bisa untuk mewujudkan dua atau tiga fungsi dari kebutuhan konsumen. Contoh matrik sumber daya dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Functions	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Cost
Motor	0.2	0.1		0.8									0.30
Transmission									1				0.06
Battery				1									0.15
Wheel					0.7	0.3							0.12
Control				0.2				0.8					0.20
Structure			0.6						0.4				0.10
Brake System							1						0.05
Assembly system											0.6	0.4	0.02
Percentage (%)	6	3	7	43	8.4	3.6	5	16	6	4	1.2	0.8	1
Ranking	5	10	4	1	3	9	7	2	6	8	11	12	

Gambar 2.5 Matrik Sumber Daya

2.3.3 Matrik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya

Matrik perbandingan persentase fungsi dan biaya yaitu berisi perbandingan persentasi prioritas fungsi pada *Mudge Diagram* dengan Matrik sumber daya. Matrik perbandingan ini dapat memperlihatkan perbandingan yang lebih jelas antara seberapa besar biaya yang akan kita keluarkan dengan tingkat kepentingan kebutuhan yang ingin kita capai. Matrik ini bisa juga sebagai pencegahan agar kita tidak mengalokasikan biaya yang besar untuk kebutuhan yang tidak terlalu penting, atau sebaliknya kita terlalu mengalokasikan biaya yang kecil untuk fungsi kebutuhan konsumen yang penting. Contoh Matrik perbandingan dapat dilihat di Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Contoh Matrik Perbandingan

BAB III

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 **Komponen *Cylinder Head***

Cylinder Head adalah sebuah komponen pada *Engine* (mesin) yang letaknya duduk di atas silinder (*Cylinder Comp*). *Cylinder Head* menutup bagian atas *Cylinder Comp*, sehingga membentuk sebuah ruangan yang disebut ruang bakar (Arends. BPM, H.Berenschot, 1996). Permukaan *Cylinder Comp* dan *Cylinder Head* mempunyai tingkat kekasaran yang sangat kecil, dan di antaranya terdapat *Gasket* yang berfungsi mencegah kebocoran pembakaran. Setiap mesin yang mempunyai dasar motor bakar mempunyai komponen *Cylinder Head* ini.

Cylinder Head juga berfungsi sebagai tempat jalur aliran bahan masuk dari *Carburetor* (pada sistem injeksi disebut *Injector*) melalui *Intake Inlet Pipe*, kemudian masuk ke dalam jalur *Cylinder Head* yang disebut *Porting IN*. Permukaan antara *Cylinder Head* dengan *Inlet Pipe* mempunyai kekasaran yang kecil sehingga tidak terjadi kebocoran *vacum* di celah-celah sambungan, serta untuk optimalisasi penggunaan *Gasket* di antara kedua permukaan. Selain memiliki *Port IN*, *Cylinder Head* juga memiliki *Port EX* sebagai jalur pembuangan hasil pembakaran untuk dikeluarkan melalui knalpot. Jalur *Port IN* dan *Port EX* ini sangat berpengaruh terhadap tenaga *Engine*, karena jalur ini menentukan seberapa lancarkah aliran yang terjadi, sehingga dapat mempengaruhi seberapa besar bahan bakar dapat masuk ke dalam ruang bakar, dan seberapa lancar hasil pembakaran dapat keluar dari ruang pembakaran.

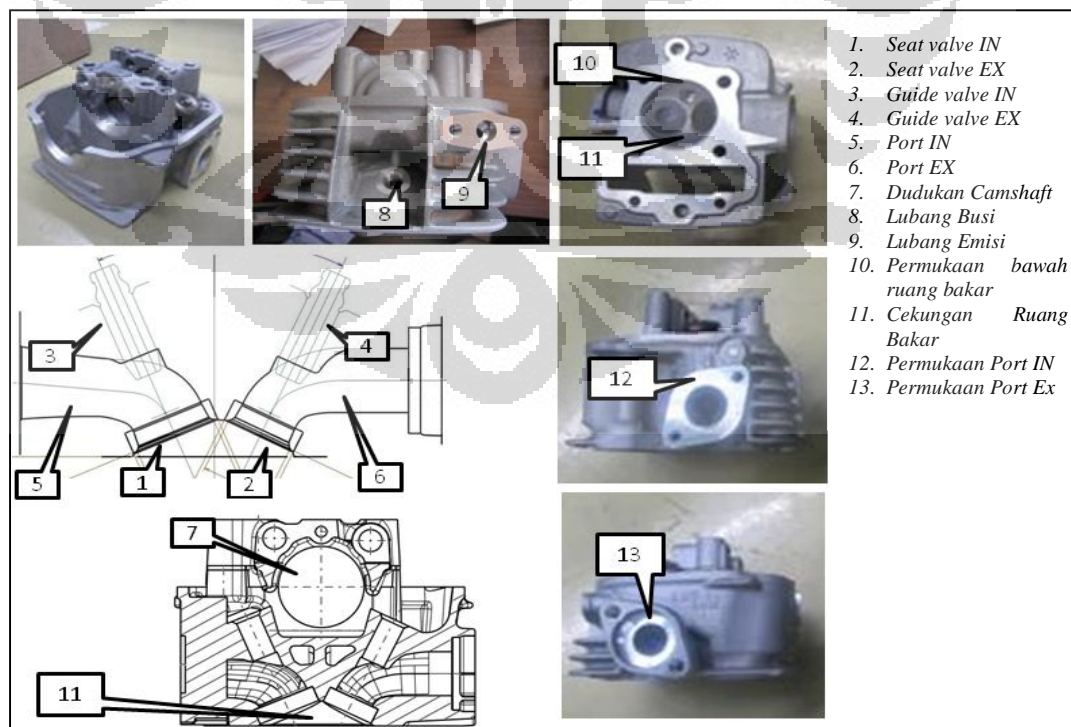
Waktu dimana bahan bakar masuk dan kapan harus keluar dikendalikan oleh membuka dan menutupnya *Valve IN* dan *Valve EX*. *Valve IN* dan *Valve EX* berbentuk seperti payung, dimana kepala payung berfungsi sebagai pintu aliran. Sebagai pasangan katup buka tutupnya, pada *Cylinder Head* terdapat *seat valve IN* dan *seat valve EX*. *Seat valve* terbuat dari material serbuk besi yang dipadatkan. *Valve* dan *seat valve* harus benar-benar terbuka saat memang harus terbuka, dan harus benar-benar tertutup saat memang harus tertutup. Untuk itu, kekasaran

permukaan dan dimensi *seat valve* serta *valve* sangat berpengaruh terhadap bocor tidaknya ruang pembakaran.

Selama siklus pembakaran, *Valve IN* dan *Valve EX* bergerak translasi naik turun yang dipandu oleh *guide valve*. *Guide valve* juga terbuat dari material keras ± 55 HRc, namun tetap memiliki tingkat elastis pemuaihan yang cukup sehingga dapat mengikuti pemuaihan yang cukup. Diameter lubang *Guide valve* harus bertoleransi *Press Fit* yang presisi terhadap diameter luar *Valve* karena berpengaruh terhadap gaya gesek gerakan translasi tersebut, dan bocor tidaknya oli ke ruang bakar.

Pada *Cylinder Head* juga terdapat lubang *Camshaft* yang berfungsi sebagai pengatur waktu *Valve IN* dan *Valve EX* kapan harus terbuka dan kapan harus tertutup. Untuk menunjang *tenaga mesin* yang lebih tinggi, biasanya digunakan *Camshaft* dengan profil (*lift*) yang lebih besar pula. Namun, jikalau terlalu besar, profil *Camshaft* akan menabrak dinding *Cylinder Head*.

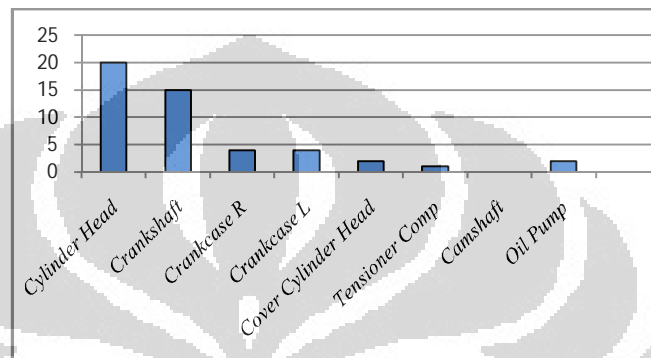
Pada *Cylinder Head* juga terdapat lubang emisi yang berfungsi untuk menurunkan kadar emisi pembakaran. Lubang emisi tersebut tersambung pada komponen lain yang berfungsi sebagai pengatur kualitas emisi yang dihasilkan.



Gambar 3.1 Komponen *Cylinder Head*

3.2 Permasalahan

Di antara berbagai penyebab kurang kompetitif-nya *Team Partner* dalam *event* Indoprix, salah satu penyebabnya adalah terjadinya kasus kerusakan komponen mesin yang disediakan oleh PT. A. Dari Gambar 3.2, dapat dilihat bahwa angka kerusakan komponen *Cylinder Head* merupakan tertinggi daripada komponen yang lain.

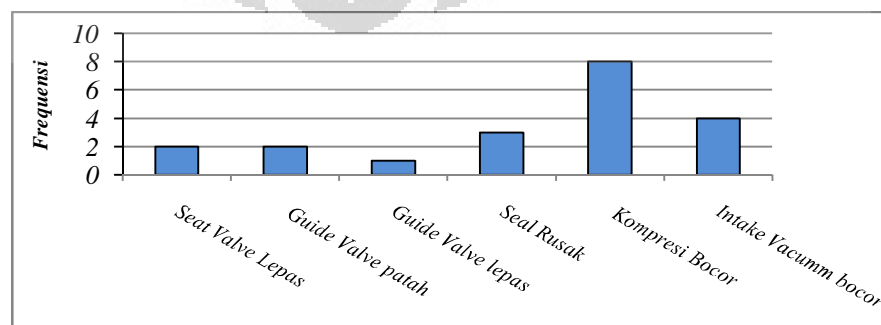


Gambar 3.2 Grafik kerusakan komponen *Engine* pada event Indoprix 2011

Kerusakan pada komponen *Cylinder Head* bisa dipengaruhi 2 faktor:

- Faktor Internal: yang disebabkan permasalahan di dalam komponen *Cylinder Head*, misalnya, *Seat valve* bocor, tekanan kompresi bocor, dan lain-lain.
- Faktor External: faktor kerusakan yang disebabkan permasalahan pada komponen lain atau kesalahan *man mower* dalam *setting* mesin, misalnya: *Cylinder Head* rusak akibat piston pecah, kesalahan *setting* *Camshaft*, dll.

Data kerusakan *Cylinder Head* internal dapat dilihat pada Gambar 3.3 :



Gambar 3.3 Daftar Kerusakan *Cylinder Head* karena Faktor Internal

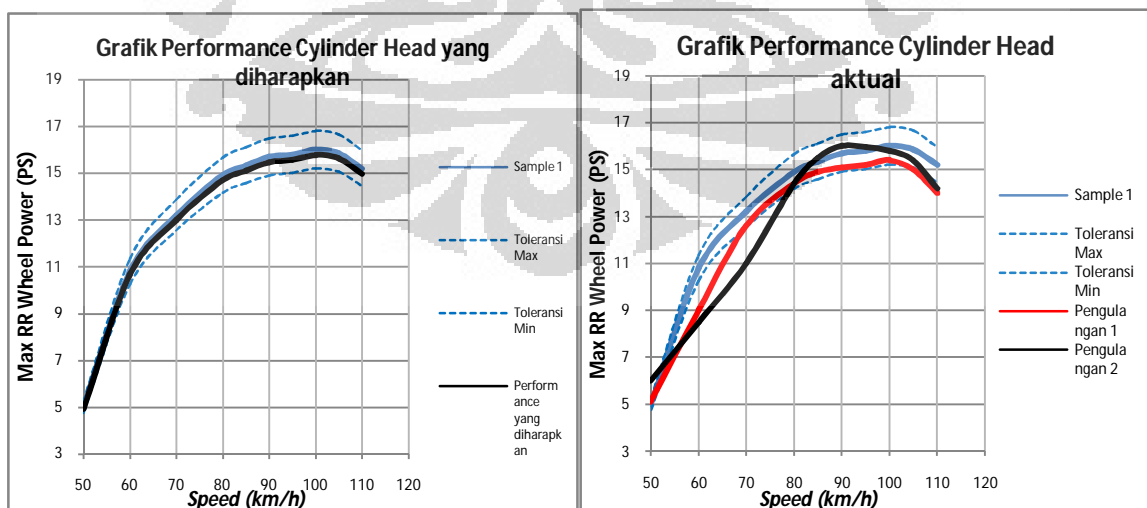
Di samping tingginya tingkat kerusakan komponen *Cylinder Head*, terdapat beberapa alasan, mengapa komponen tersebut perlu untuk diperbaiki:

- 1) *Port Cylinder Head* sangat vital mempengaruhi tenaga mesin. Pada tabel 3.1, dapat dilihat pengaruh modifikasi komponen terhadap performa mesin (Arends.BPM, H.Berenschot, 1996).

Tabel 3.1 Data Pengaruh Modifikasi Komponen terhadap performa *Engine*

Nama Komponen	Performance
<i>Cylinder Head</i>	0 – 30%
<i>Camshaft</i>	0 – 23%
<i>Carburetor</i>	0 - 20%
<i>Piston</i>	0 – 10 %
<i>Cylinder Comp</i>	0 - 10 %
<i>Muffler</i>	0 – 8 %
<i>Crankshaft Bearing</i>	0 – 1 %
<i>Main Jet & Pilot Jet</i>	0 – 3 %

- 2) Pembuatan Ulang Modifikasi *Port Cylinder Head* yang selama ini diterapkan *Team Partner* dengan cara manual tidak dapat menghasilkan performa komponen yang sama. Pada gambar 3.4 dapat ditunjukkan performa komponen *Cylinder Head* yang diharapkan, dan aktual yang terjadi pada modifikasi komponen *Cylinder Head*.



Gambar 3.4 Perbandingan *Performance Engine* akibat modifikasi *Engine*

Pengukuran performa komponen dilakukan dengan cara komponen tersebut dipasang di unit sepeda motor, kemudian diukur di Laboratorium *Chassis Dynamometer* PT. A. *Chassis Dynamometer* adalah suatu mesin untuk mengukur tenaga sepeda motor, pengukuran diambil dari tenaga yang dihasilkan roda penggerak belakang (*Rear Wheel Power*).

- 3) PT.A belum mengembangkan *Cylinder Head spec. Racing* yang disediakan bagi *Team Partner*.
- 4) Waktu yang diperlukan untuk modifikasi sebuah *Cylinder Head* lebih lama dibandingkan komponen lain. Perbandingan lamanya waktu modifikasi *Cylinder Head* spesifikasi *racing* dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Lama modifikasi komponen rata-rata

Lama Waktu Modifikasi		
No	Nama Komponen	Waktu
1	<i>Cylinder Head</i>	2 minggu
2	<i>Cylinder Comp</i>	1 jam
3	<i>Crankshaft</i>	1 hari
4	<i>Crankcase R</i>	1 jam
5	<i>Crankcase L</i>	1 jam
6	<i>Cover Cylinder Head</i>	1 jam
7	<i>Tensioner Comp</i>	3 jam
8	<i>Camshaft Comp</i>	3 hari
9	<i>Pompa Oli</i>	6 jam

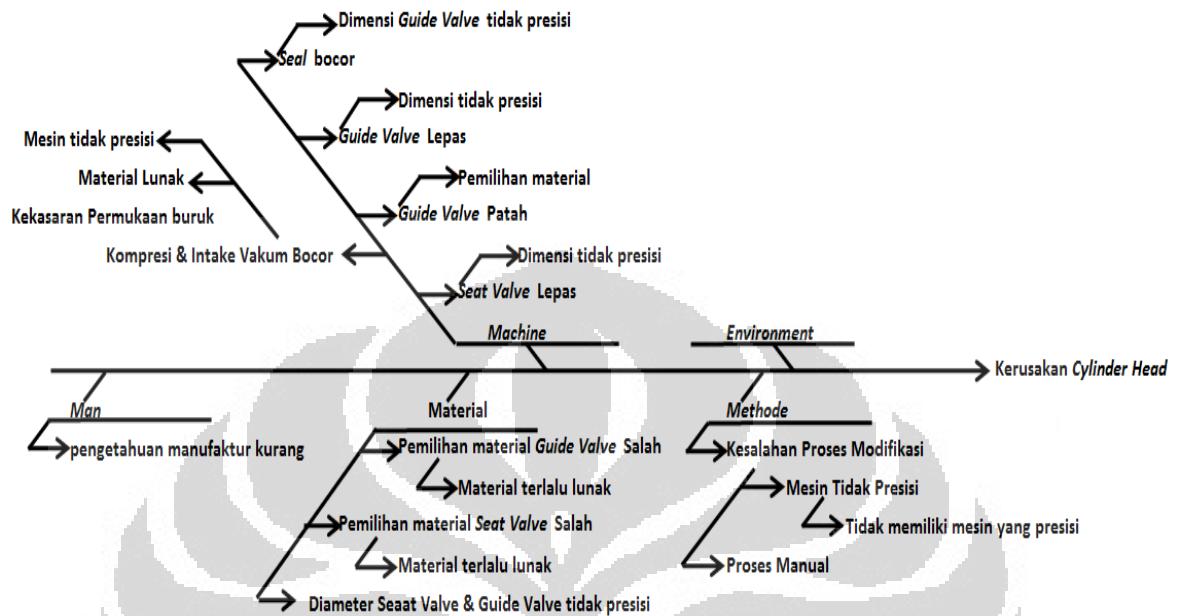
- 5) Biaya untuk memodifikasi *Cylinder Head* relatif tinggi dibandingkan memodifikasi komponen lain, karena membutuhkan proses yang presisi. Biaya modifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Biaya Modifikasi Komponen rata-rata

Biaya Modifikasi		
No	Nama Komponen	Biaya
1	<i>Cylinder Head</i>	1.200.000 - 2.000.000
2	<i>Cylinder Comp</i>	80.000 - 100.000
3	<i>Crankshaft</i>	60.000 - 70.000
4	<i>Crankcase R</i>	40.000 - 50.000
5	<i>Crankcase L</i>	40.000 - 50.000
6	<i>Cover Cylinder Head</i>	20.000 - 40.000
7	<i>Tensioner Comp</i>	50.000 - 100.000
8	<i>Camshaft Comp</i>	400.000 - 700.000
9	<i>Pompa Oli</i>	100.000 - 150.000

3.2.1 Fish Bond Diagram

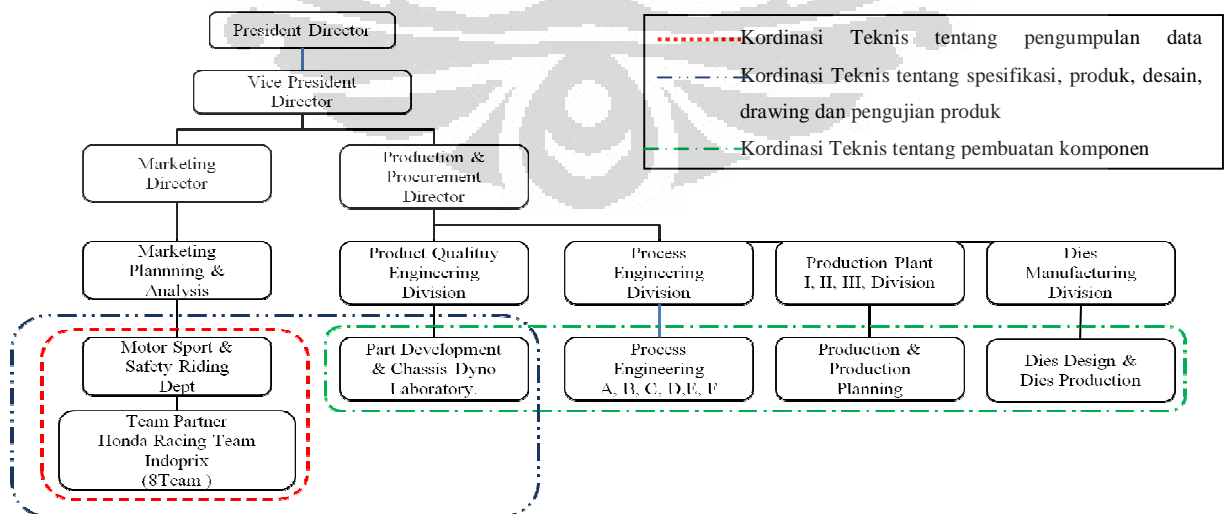
Kerangka permasalahan yang timbul akibat kerusakan *Cylinder Head* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 Fish Bond Diagram kerusakan komponen *Cylinder Head*

3.3 Tim Pengembangan

Dalam proses QFD, anggota tim diskusi sangat penting apalagi jikalau sudah mencapai tahap desain produk dan desain proses. Secara umum, proses pengembangan komponen untuk mendukung kegiatan promosi di *Event Racing* melalui *Team Partner* di PT.A dapat dilihat pada Gambar 3.6 :



Gambar 3.6 Tim Pengembangan komponen *Racing* di PT. A

3.4 Pernyataan Misi

Dalam proses pengembangan produk, agar proses menjadi terarah dan mempunyai batasan-batasan jelas dan terukur, disusunlah suatu pernyataan misi. Pernyataan misi dapat menjadi panduan awal dan member sasaran yang jelas bagaimana suatu produk harus dikembangkan. Dalam pengembangan komponen *Cylinder Head*, pernyataan misinya dapat dilihat pada tabel 3.4:

Tabel 3.4 Tabel Pernyataan Misi

Pernyataan Misi: Proyek Pengembangan <i>Cylinder Head Spec Racing</i>	
Deskripsi Produk	Produk <i>Cylinder Head spec.racing</i> untuk persediaan <i>Team Partner</i> yang akan dipakai pada <i>event</i> balap Indoprix
Tujuan Utama Pengembangan	- Memperbaiki komponen <i>Cylinder Head</i> untuk persediaan kepada <i>Team Partner</i> - Mengembangkan komponen <i>Cylinder Head</i> yang mampu dipakai di area balap dengan proses manufaktur yang baik, presisi, dan tepat
Pasar Utama	<i>Team Partner</i> (8 Team)
Pasar Tersembunyi	Modifikator motor secara keseluruhan
Asumsi Produk	Produk yang kuat, awet, dan tahan lama Mengurangi proses modifikasi manual yang dilakukan <i>Team Partner</i> Spesifikasi untuk meningkatkan performance <i>Engine</i> . Spesifikasi tidak melanggar regulasi modifikasi.
Stakeholder	<i>Team Partner</i> (<i>Privater, Chief Engineer, Engineer</i>) PT. A (<i>Marketing, Product Engineering-RnD, Process Engineering</i>)

3.5 Pengumpulan Data dan Identifikasi *Voice of Customer*

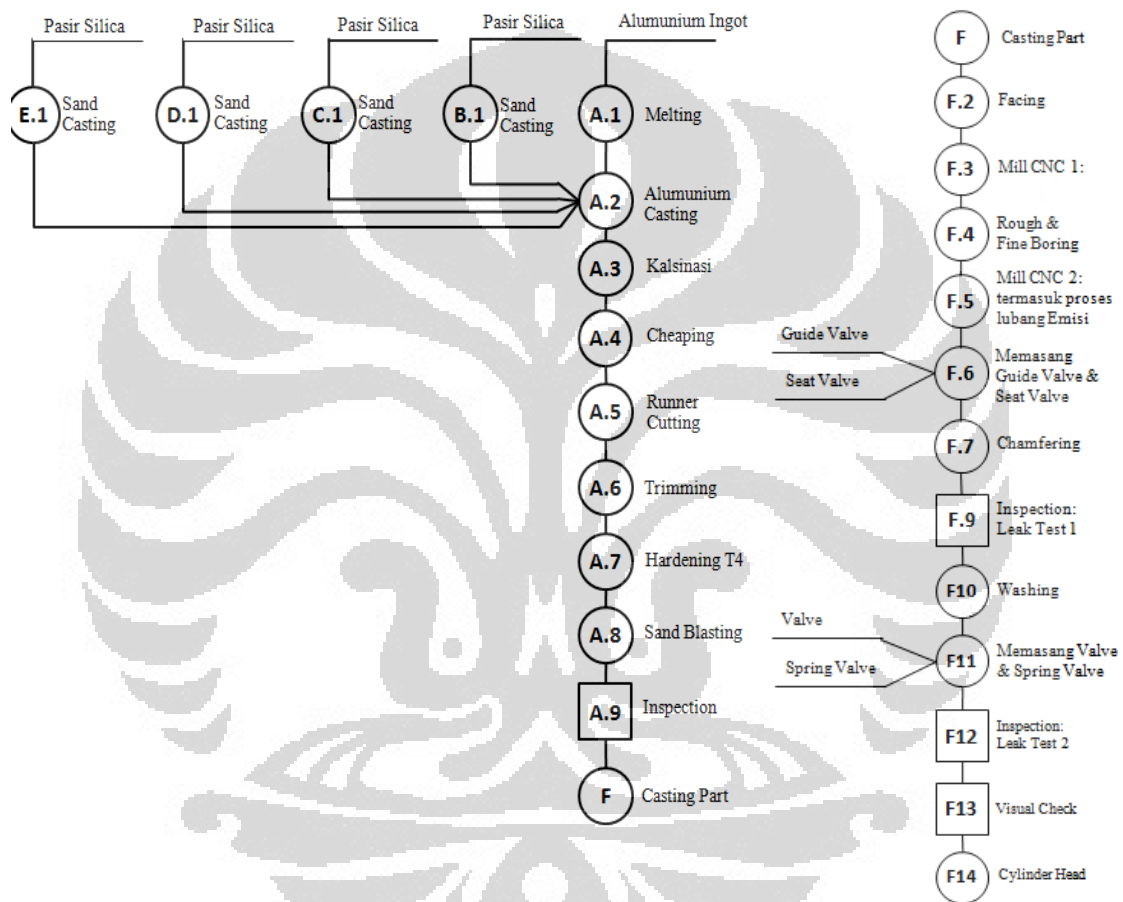
Untuk mengembangkan produk komponen *Cylinder Head* spesifikasi *racing*, diperlukan beberapa data yang dibutuhkan untuk menentukan spesifikasi, dan proses pembuatan modifikasi *Cylinder Head* tersebut. Pengambilan data yang akurat sangat penting untuk menetakan spesifikasi komponen *Cylinder Head* melalui proses QFD.

Data yang diambil dibagi dalam 4 jenis, yaitu:

1. Proses Produksi *Cylinder Head Mass Pro* di PT. A.
2. Proses Produksi Modifikasi *Cylinder Head* oleh *Team Partner*.
3. Data Spesifikasi Modifikasi *Cylinder Head* oleh *Team Partner*.
4. Kebutuhan Mentah dari konsumen (*Voice of Customer*).

3.5.1 Proses Produksi *Cylinder Head Mass-Pro* di PT. A

Pada intinya, untuk menghasilkan sebuah *Cylinder Head Mass-Pro* terdapat 2 proses utama yaitu *Casting* dan *Machining*. *Casting* berkaitan dengan pencetakan aluminium cair ke dalam *Dies*, sedangkan *Machining* adalah proses permesinan presisi menggunakan mesing CNC dari komponen setelah mengalami *casting*, sehingga menjadi produk jadi. Proses pembuatan *Cylinder Head* di PT. A dapat dilihat pada *Operation Process Chart* berikut Gambar 3.7.

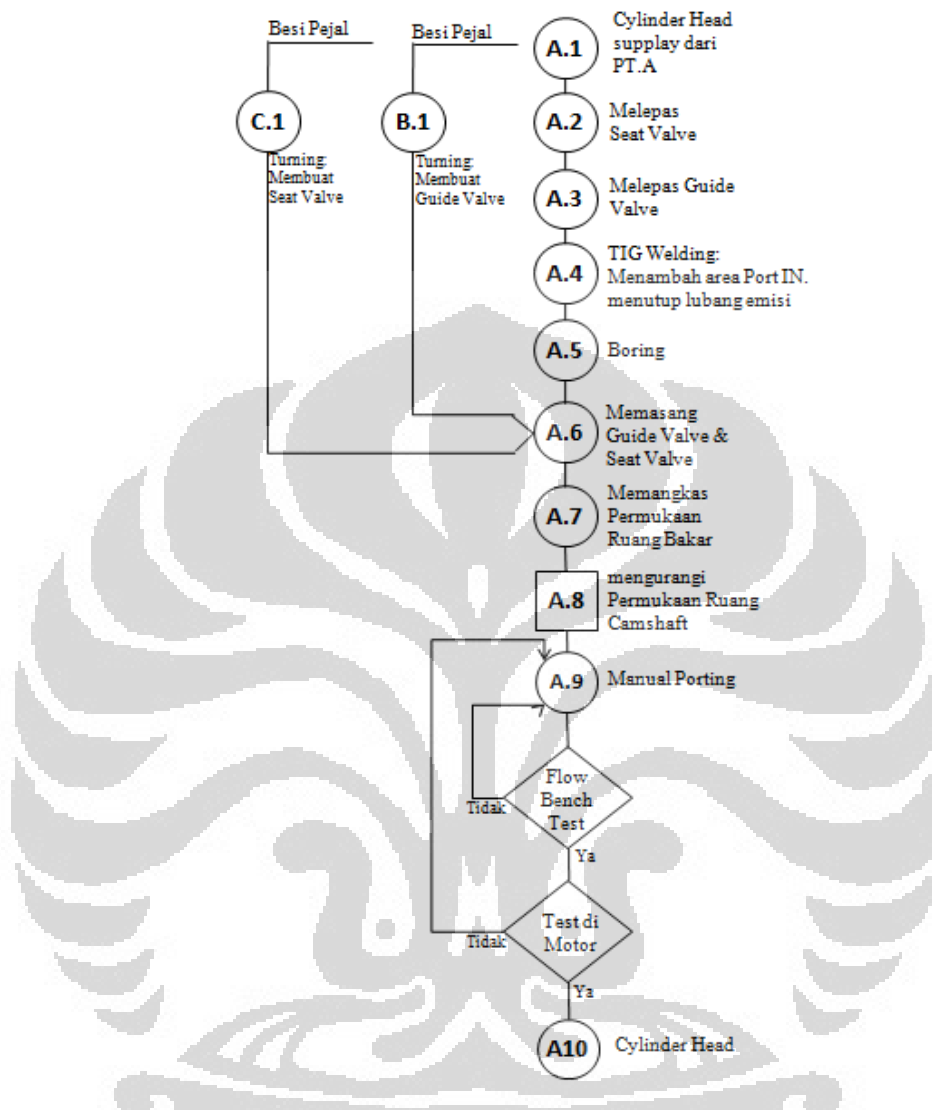


Gambar 3.7 Operation Process Chart *Cylinder Head* di PT. A

3.5.2 Proses Produksi *Cylinder Head* modifikasi *Team Partner*

Proses modifikasi dimulai dari menerima *Cylinder Head Mass Pro* dari PT. A, kemudian baru dilakukan proses modifikasi. *Cylinder Head* dikatakan sudah jadi jika sudah mengalami pengetesan di *Flow Bench Test*, dan *test* di motor. Jika hasil pengetesan menunjukkan performa yang kurang baik, proses

kembali lagi ke proses *Porting Manual* yang membutuhkan teknik sulit. Proses modifikasi *Cylinder Head* oleh *Team Partner* dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Operation Process Chart Modifikasi *Cylinder Head* oleh *Team Partner*

Dari hasil observasi pembuatan modifikasi *Cylinder Head* yang dilakukan oleh *Team Partner*, dapat diketahui permasalahan bahwa:

- *Seat Valve* dan *Guide Valve* yang terpasang pada *Cylinder Head mass-pro* dibuang dan tidak digunakan di even balap karena kurang besar.
- Terdapat proses *TIG Welding* dapat merubah struktur material, dan mengakibatkan tingkat kekasaran permukaan buruk akibat deformasi.
- Proses *Manual Porting* membutuhkan pengecekan inspeksi berkali-kali sampai ditemukan *porting* yang tepat. Untuk menghasilkan *porting* yang sama karakter, dimensi, dan konturnya sangatlah sulit.

3.5.3 Data Spesifikasi modifikasi dari *Team Partner*

Observasi data spesifikasi modifikasi dari *Team Partner* dilakukan untuk mengamati langsung produk *Cylinder Head* yang telah dikembangkan oleh *Team Partner*. Observasi langsung berguna untuk melihat langsung spesifikasi, proses pembuatan, dan kualitas produk yang dihasilkan oleh *Team Partner*.

Metode yang dilakukan untuk mengumpulkan data spesifikasi ini adalah dengan mengumpulkan komponen *Cylinder Head* dari masing-masing *Team Partner*, kemudian dilakukan proses *Benchmarking* menurut beberapa kriteria yang telah disepakati bersama. Data spesifikasi modifikasi dapat dilihat pada Tabel 3.6 pada halaman berikutnya.

3.5.4 Kebutuhan Mentah dari Konsumen (*Voice of Customer*)

Pengumpulan data mentah berguna untuk mengetahui keluhan dan usulan dari *Team Partner terhadap Cylinder Head*. Metodenya dengan wawancara langsung di lapangan berdasarkan kuisisioner di Lampiran 1. Kebutuhan mentah dapat digolongkan dari dua kelompok besar yaitu dari kekurangan desain *mass-pro Cylinder Head*, serta kekurangan dari *Cylinder Head* hasil modifikasi *Team Partner*. Daftar kebutuhan mentah dari konsumen dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Daftar Kebutuhan Mentah Konsumen

Kekurangan Desain Mass-Pro	1	<i>Seat valve mass pro</i> kurang besar
	2	Ukuran <i>porting mass pro</i> kecil
	3	<i>Air Port Flow mass pro</i> rendah
	4	Arah <i>porting</i> kurang tegak
	5	<i>Porting</i> bisa bervariasi untuk riset
	6	<i>Cylinder Head</i> tidak mampu menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi
	7	Cekungan ruang bakar terlalu besar
	8	Terdapat lubang emisi yang dapat mengurangi performance
Kekurangan produk <i>Team Partner</i>	10	<i>Seat valve</i> mudah lepas
	11	<i>Guide valve</i> mudah patah
	12	<i>Seat valve</i> mudah bocor
	13	Pembuatan kembali tidak identik
	14	Pembuatan <i>porting</i> dengan cara manual
	15	Performan (tenaga mesin) yang dihasilkan berbeda-beda
	16	<i>Vakum Intake</i> Bocor
	17	Kebocoran Oli sambungan antar komponen
	18	Permukaan bawah <i>Cylinder Head</i> tidak rata
	19	Permukaan <i>porting</i> dengan intake tidak rata
	20	Kompresi Bocor

Tabel 3.6 Data Spesifikasi *Cylinder Head* Modifikasi *Team Partner*

Karakteristik Produk	Team I	Team II	Team III	Team IV	Team V	Team VI	Team VII	Team VIII
Menambah Permukaan <i>Port IN</i>	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Menambah Material di Ruang Bakar	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Ya	Ya	Ya	Tidak
Cara Penambahan Permukaan <i>Port</i>	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue	TIG Weld Alumunium + Heat Restance Glue
Material Penambah Port	Alumunium	Alumunium	Alumunium	Alumunium	Alumunium	Alumunium	Alumunium	Alumunium
Proses <i>Porting IN</i>	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)
Proses <i>Porting EX</i>	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)	Ya (manual)
<i>Air Flow Porting IN</i>	48,2 cfm	47,2 cfm	44,8 cfm	46,5 cfm	46,7 cfm	48,2 cfm	47 cfm	45,5 cfm
<i>Air Flow Porting EX</i>	42,3 cfm	43,1 cfm	42,0 cfm	41,6 cfm	40,6 cfm	40,8 cfm	42,0 cfm	43,1 cfm
Mengurangi permukaan bawah	Tidak	Ya	Ya	Tidak	Ya	Tidak	Tidak	Tidak
Volume Ruang Bakar (cc)	3,8	4,5	3,7	4,5	3,9	4,5	4,5	4,5
<i>Lift Camshaft</i> yang digunakan (max)	9,2 mm	9,2 mm	9,0 mm	8,8 mm	8,7 mm	9,1 mm	8,7 mm	9,0 mm
Mengurangi Permukaan ruang <i>Camshaft</i>	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya
Modifikasi <i>Valve IN / EX</i>	27/23	28/23	28/23	27/23	27/23	28/23	27/24	28/23
Material <i>Seat valve</i>	Kuningan *)	Besi *)	Besi *)	Kuningan *)	Kuningan *)	Besi *)	Besi *)	Besi *)
Material <i>Guide valve</i>	Kuningan *)	Besi *)	Besi *)	Kuningan*)	Kuningan *)	Besi *)	Besi*)	Besi *)
Lubang Emisi	Ditutup <i>TIG Weld</i>	Ditutup <i>bolt</i>	Ditutup <i>bolt</i>	Ditutup <i>bolt</i>	Ditutup <i>bolt</i>	Ditutup <i>TIG Weld</i>	Ditutup <i>TIG Weld</i>	Ditutup <i>TIG Weld</i>
Penambahan Material	Las Alumunium + Lem Anti Panas	Las Alumunium + Lem Anti Panas	Las Alumunium	Las Alumunium	Las Alumunium + Lem Anti Panas	Las Alumunium	Las Alumunium	Las Alumunium + Lem Anti Panas
Material Alumunium	No-Defined	No-Defined	No-Defined	No-Defined	No-Defined	No-Defined	No-Defined	No-Defined
Assembling <i>Seat valve</i>	Press/Pukul	Press/Pukul	Press/Pukul	Gamma Bronzed	Press/Pukul	Press/Pukul	Gamma Bronzed	Press/Pukul
Modifikasi <i>Seat valve</i>	<i>Milling Manual</i>	<i>Milling Manual</i> + Angel Vice	<i>Milling Manual</i>	<i>Milling Manual</i> + Angel Vice	<i>Milling Manual</i>	<i>Milling Manual</i>	<i>Milling Manual</i>	<i>Milling Manual</i>
Pengurangan Permukaan Bawah	Tidak	Manual Turning + Surface Dial	Manual Turning	Tidak	Manual Turning	Tidak	Tidak	Tidak
<i>Porting</i>	Manual (Die Grinder)	Manual	Manual(Die Grinder)	Manual (Die Grinder)	Manual	Manual	Manual	Manual
Mengurangi Ruangan <i>Camshaft</i>	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

3.6 Diagram Afinitas

Dari data mentah yang dikumpulkan, dibuatlah pengelompokan terhadap terhadap kebutuhan yang serupa menggunakan diagram afinitas yang dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Diagram Afinitas

Kebutuhan Mentah	Pengelompokan Kebutuhan
<i>Seat valve</i> mass pro kurang besar Ukuran <i>porting mass pro</i> kecil	Menggunakan <i>Seat valve</i> besar
<i>Air Port Flow</i> mass pro rendah Arah <i>porting</i> kurang tegak <i>Porting</i> bisa bervariasi untuk riset	Fleksibilas modifikasi <i>Porting</i>
<i>Cylinder Head</i> tidak mampu menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi
Cekungan ruang bakar terlalu besar	menampung kompresi tinggi
Terdapat lubang emisi yang dapat mengurangi <i>performance</i>	lubang emisi tidak bocor (ditutup)
<i>Seat valve</i> lepas <i>Guide valve</i> patah Kebocoran di <i>seat valve</i>	<i>Seat valve & Guide valve</i> Awet
Pembuatan kembali tidak identik Pembuatan <i>porting</i> manual <i>performance (power Engine)</i> yang dihasilkan berbeda-beda	pembuatan kembali identik
<i>Vakum Intake</i> Bocor Kebocoran Oli sambungan antar komponen Permukaan bawah <i>Cylinder Head</i> tidak rata Permukaan <i>porting</i> dengan intake tidak rata Kompresi Bocor	Permukaan Tidak bocor

3.7 Aplikasi *Quality Function Deployment*

3.7.1 Interpretasi Kebutuhan Konsumen

Dari data yang terlihat pada diagram afinitas dan hasil observasi, dibuatlah suatu daftar kebutuhan pelanggan mentah dalam modifikasi produk *Cylinder Head*, yaitu: (penjelasan teknis lihat lampiran 2)

- A.1 Bisa menampung kompresi tinggi
- A.2 Bisa menampung *Camshaft* dengan *Lift* tinggi
- A.3 Flesibilitas modifikasi *porting*
- A.4 Pembuatan kembali identik
- A.5 Menggunakan *Valve* lebih besar
- A.6 *Seat valve & Guide valve* Awet
- A.7 Permukaan Tidak bocor
- A.8 Kebocoran di lubang emisi dihilangkan

3.7.2 Menentukan Kepentingan Relatif (*Mudge Diagram*)

Kepentingan relatif diperlukan untuk menentukan skala prioritas dalam tahapan pengembangan produk. Kepentingan relatif biasanya didefinisikan dalam sebuah angka yang terukur. Angka 5 mewakili skala sangat penting, angka 1 mewakili skala prioritas tidak penting. Namun, dengan menggunakan skala 1 sampai 5 kita tidak bisa menentukan prioritas secara lebih tepat, karena akan ada beberapa kebutuhan yang mempunyai nilai sama. Untuk itu, dalam menentukan kepentingan relatif dipergunakan salah satu *tool* dari *Value Analysis* yaitu *Mudge Diagram* sehingga kemungkinan nilai yang sama dapat diperkecil. Pada dasarnya *Mudge Diagram* adalah diagram berpasangan, dimana tingkat kepentingan suatu fungsi dilawankan dengan tingkat kepentingan fungsi yang lain.

Mudge Diagram dapat mengkomparasi satu fungsi dengan fungsi yang lain satu-satu, pemberian skor, kemudian dari skor tersebut ditotal untuk mendapatkan persentasenya. Data *Mudge Diagram* didapat dari kuisisioner perbandingan yang dibagikan kepada anggota *Focus Group*. Kuisisioner perbandingan berpasangan dapat dilihat di Lampiran 3. Tabel kepentingan relatif dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.8 Tabel Kepentingan Relatif

								Total	Persentase	Prioritas
A.1	A2.2	A3.2	A4.3	A5.2	A6.1	A7.3	A1.2	2	4.08%	8
	A.2	A3.3	A4.2	A5.1	A6.2	A7.2	A8.1	2	4.08%	7
		A.3	A3.1	A3.1	A6.1	A7.2	A3.2	11	22.45%	1
			A.4	A4.2	A4.1	A7.2	A4.2	10	20.41%	2
				A.5	A6.1	A5.2	A5.1	6	12.24%	5
					A.6	A6.1	A6.2	8	16.33%	3
						A.7	A8.2	7	14.29%	4
							A.8	3	6.12%	6
Total								49	100%	

3.7.3 QFD Fase 1

Dengan sudah adanya kebutuhan konsumen (*what's*) serta tingkat kepentingan relatif, dapat dibentuk *House of Quality* QFD Fase 1. Pada tabel 3.9 dilihat bahwa Tim Pengembangan untuk proses QFD fase 1 ini terdiri dari 14 orang yang 60% dipenuhi oleh perwakilan konsumen *Team Partner*.

Tabel 3.9 Anggota *Focus Group* QFD Fase 1

Anggota Team	Jumlah
<i>Staf Product Quality Engineering</i>	1 orang
<i>Staf Marketing: Motor Sport & Safety Riding</i>	1 orang
<i>Staf Process Engineering</i>	1 orang
<i>Perwakilan dari Team Partner</i>	8 orang
Total	11 orang

Pada pembuatan QFD Fase 1, tim pengembangan membuat *Technical Responses* dahulu untuk menjawab kebutuhan konsumen tersebut. *Technical Response* tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.10 :

Tabel 3.10 *Technical Respons* QFD Fase 1

	Daftar kebutuhan		<i>Technical Responses</i>	<i>Technical Target</i>
A.1	Bisa menampung kompresi tinggi	B.1	mengurangi volume ruang bakar	diperkecil menjadi 3.6 cm ³
A.2	Bisa menampung <i>Camshaft</i> dengan <i>Lift</i> tinggi	B.2	<i>Lift Camshaft</i> yang terpasang	menampung <i>Lift</i> max.9,5 mm
A.3	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>	B.3	Luas Area Penampang <i>Port IN</i>	menjadi 14,2 cm ²
A4	Pembuatan kembali identik	B.4	Perbedaan <i>Power</i>	± 10%
		B.5	Perbedaan <i>Air Port Flow</i>	± 2 cfm
A.5	Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar	B.6	Dimensi <i>Valve IN & EX</i>	28mm & 24mm
A.6	<i>Seat valve & Guide valve</i> Awet	B.7	Kepresisian <i>Seat valve</i>	Press Fit (p6 +0,025/+0,020)
		B.8	Kepresisian <i>Guide valve</i>	Press Fit (p6 +0,020/+0,015)
		B.9	Kekasaran Permukaan <i>Chamfering</i> 45°	Ra 0,8µm (N6)
A.7	Permukaan Tidak bocor	B.10	Kebocoran Permukaan	Tidak ada kebocoran (Leak Test Point=0)
A.8	Kebocoran di lubang emisi	B.11	Kebocoran Lubang <i>Emisi</i>	Tidak ada kebocoran (Leak Test Point=0)

Penentuan *Technical Response* didapat dari anggota *Focus Group* yang sudah memiliki keahlian tentang produk *Cylinder Head*. Cara untuk menampung kompresi tinggi adalah dengan mengurangi volume ruang bakar. Hal ini sesuai dengan definisi kompresi rasio yaitu perbandingan antara volume ruang bakar total saat piston pada keadaan titik mati bawah dibandingkan dengan volume ruang bakar saat piston mendapat titik mati atas. Dari data Observasi, didapat bahwa volume ruang bakar terkecil yang dimiliki *Team Partner* ada pada angka 3,6 cm³. Pengukuran volume ruang bakar menggunakan pengukuran *Burret* dengan *Oli Tellus 62*.

Pada data Observasi, dapat dilihat bahwa *Lift Camshaft* yang digunakan oleh *Team Partner* berkisar 8,6 sampai 9,3 mm. Maka, pada pengembangan ini, dipilihlah *Lift Camshaft* 9,5 sebagai titik aman.

Fleksibilitas modifikasi *porting* didefinisikan dengan cara menambah luas area *Port IN* sejauh 14,2 cm² agar terdapat area yang cukup untuk mengubah diameter, mengubah titik pusat diameter, dan lain lain. Angka ini didapat dari simulasi di software CAD (*Computerized Aided Design*).

Pembuatan *Porting* kembali secara identik didefinisikan menjadi tingkat perbedaan tenaga mesin dan perbedaan *Air Port Flow* yang dihasilkan oleh *porting* tersebut. Dalam hal ini perbedaan tenaga yang dihasilkan setidaknya mencapai $\pm 10\%$ dan perbedaan *Air Port Flow* sebesar ± 2 cfm. Angka ini didapat dari standard toleransi perbedaan power dan perbedaan *Air Port Flow* di PT. A.

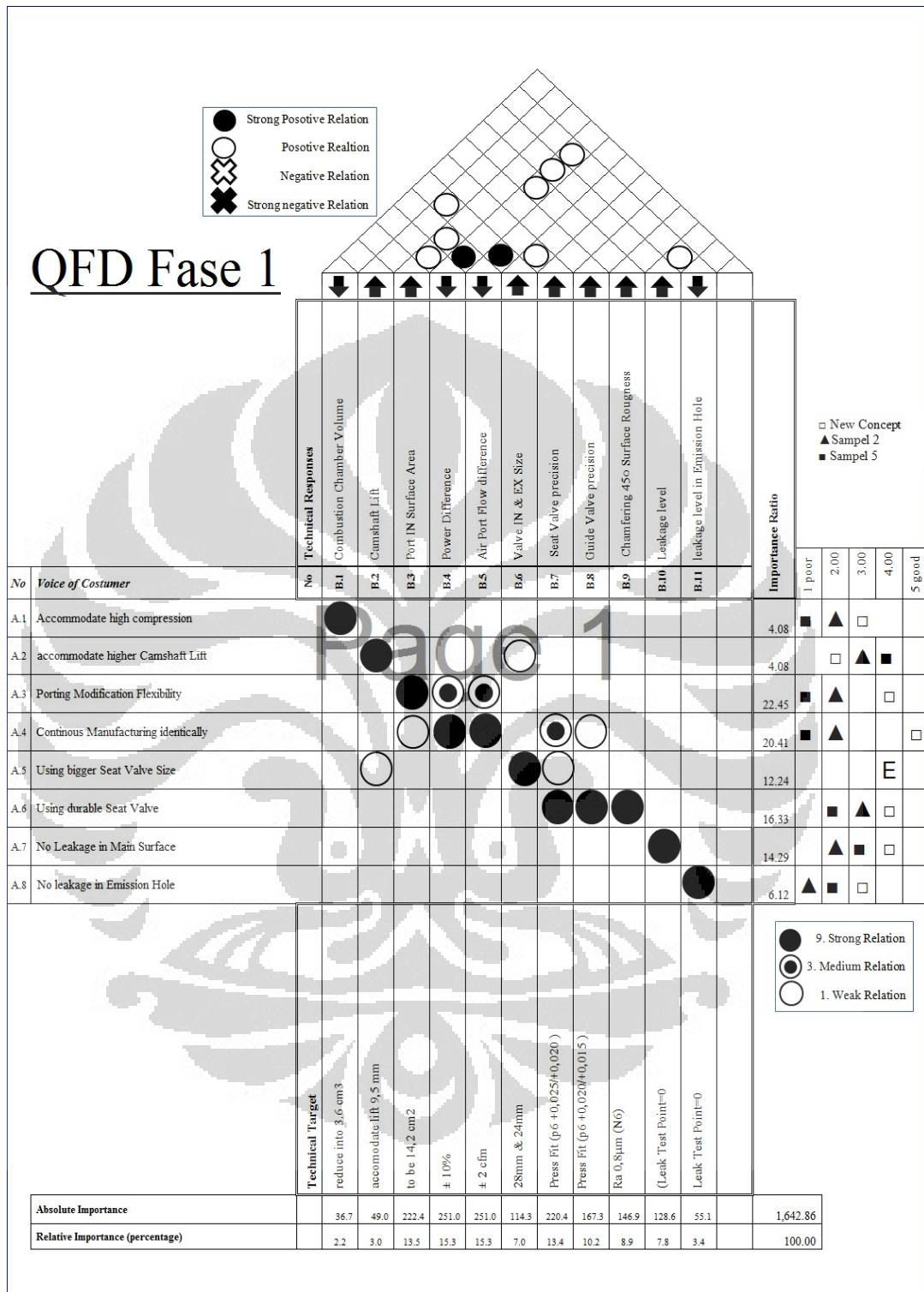
Penggunaan *Valve* yang lebih besar juga mengikuti hasil observasi *Team Partner*, dimana untuk *Valve IN* biasanya digunakan dimensi 27 atau 28 mm, dan untuk *Valve EX* digunakan dimensi 23 atau 24 mm. Dipilih dimensi maksimal yaitu 28 untuk *valve IN* dan 24 untuk *valve EX*.

Seat Valve dan *Guide Valve* dimasukkan ke dalam *Cylinder Head* dengan cara tekan (*press*). Untuk itu, diameter *Seat Valve* dan *Guide Valve* harus presisi sesuai toleransi *Press Fit* dengan toleransi p6. Angka toleransi didapat dari Tabel *Toleransi ISO*. Pada *Seat valve*, terdapat bidang *Chamfering* 45° yang mengalami kontak langsung dengan *valve*. Agar tidak terjadi kebocoran, kekasaran permukaan *chamfering* dikendalikan dengan tingkat kekasaran N6 (atau Ra0,8µm) .

Kebocoran di permukaan dan di lubang emisi diukur menggunakan Leak Test Meter, diharapkan antar permukaan tidak ada kebocoran (Leak Test = 0).

Lewat proses diskusi dalam tim, disusunlah Diagram QFD Fase 1, disertai hasil korelasi Matriknya yang dapat dilihat pada tabel berikut. Nilai *Importance* berasal dari nilai tingkat kepentingan relative pada Tabel 3.8. Kemudian, ditentukan hasil *Absolute Importance* dan *Relative Importance*.

Penjelasan teknis QFD 1 dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil Diagram QFD dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Diagram QFD Fase 1

3.7.4 QFD Fase 2

QFD Fase 2 bertujuan menentukan karakteristik dan spesifikasi produk yang akan dihasilkan. Tahap QFD Fase 2 biasa disebut juga fase desain produk. Untuk itu lah, 70% anggota tim pengembangan QFD fase 2 adalah staf rekayasa. Anggota diskusi *Focus Group* fase 2 dapat dilihat pada Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Anggota *Focus Group* QFD Fase 2

Anggota Team	Jumlah
<i>Staf Product Quality Engineering</i>	4 orang
<i>Staf Marketing: Motor Sport & Safety Riding</i>	1 orang
<i>Staf Process Engineering</i>	1 orang
Total	6 orang

Technical Response pada QFD Fase 1 menjadi *Quality Characteristic* pada QFD Fase 2. Detail *Technical Response* dan *Technical Target* dapat dilihat bahwa Tabel 3.12 di bawah ini.

Tabel 3.12 *Technical Respons* QFD Fase 2

	<i>Quality Characteristic</i>		<i>Technical Responses</i>	<i>Technical Target</i>
B.1	Mengurangi Volume ruang bakar	C.1	Menambah permukaan cekungan	menambah ketebalan 1cm ³
B.2	<i>Lift Camshaft</i> yang terpasang	C.2	Pengurangan permukaan ruangan <i>Camshaft</i>	1 - 1,5 mm
B.3	Luas Area Penampang <i>Port IN</i>	C.3	Luas Penampang <i>Port IN</i>	menjadi 14,2 cm ²
B.4	Perbedaan Power	C.5	CAD: Perbedaan <i>Scan 3D countur Porting</i>	± 0,1 mm
B.5	Perbedaan <i>Air Port Flow</i>			
B.6	Dimensi <i>Valve IN & EX</i>	C.6	Penggunaan <i>Seat valve Mass Pro 28 dan 24</i>	<i>Seat valve</i> Type Unit KWC
B.7	Kepresisian <i>Seat valve</i>			
B.8	Kepresisian <i>Guide valve</i>	C.7	Penggunaan <i>Guide valve Mass Pro</i>	<i>Guide valve</i> Type Unit KWW
B.9	Kekasaran permukaan <i>Chamfering 45°</i>	C.8	Kekasaran permukaan <i>Chamfering 45°</i>	Ra 0,8µm (N6)
B.10	Kebocoran Permukaan	C.4	Proses manufaktur tanpa proses las	tanpa proses las
		C.9	Kekasaran permukaan	Ra 0,8µm (N6)
		C.10	Kerataan permukaan	0,003 (standard)
B.11	Kebocoran Lubang Emisi	C.11	Lubang Emisi ditutup	0 diameter

Cara untuk mengurangi volume ruang bakar dengan menambah permukaan cekungan *Cylinder Head*. Dari simulasi di *software* CAD, untuk mencapai volume ruang bakar 3,6 cm³ dapat diperoleh dengan menambah ketebalan dinding ruang bakar sejauh 1 mm.

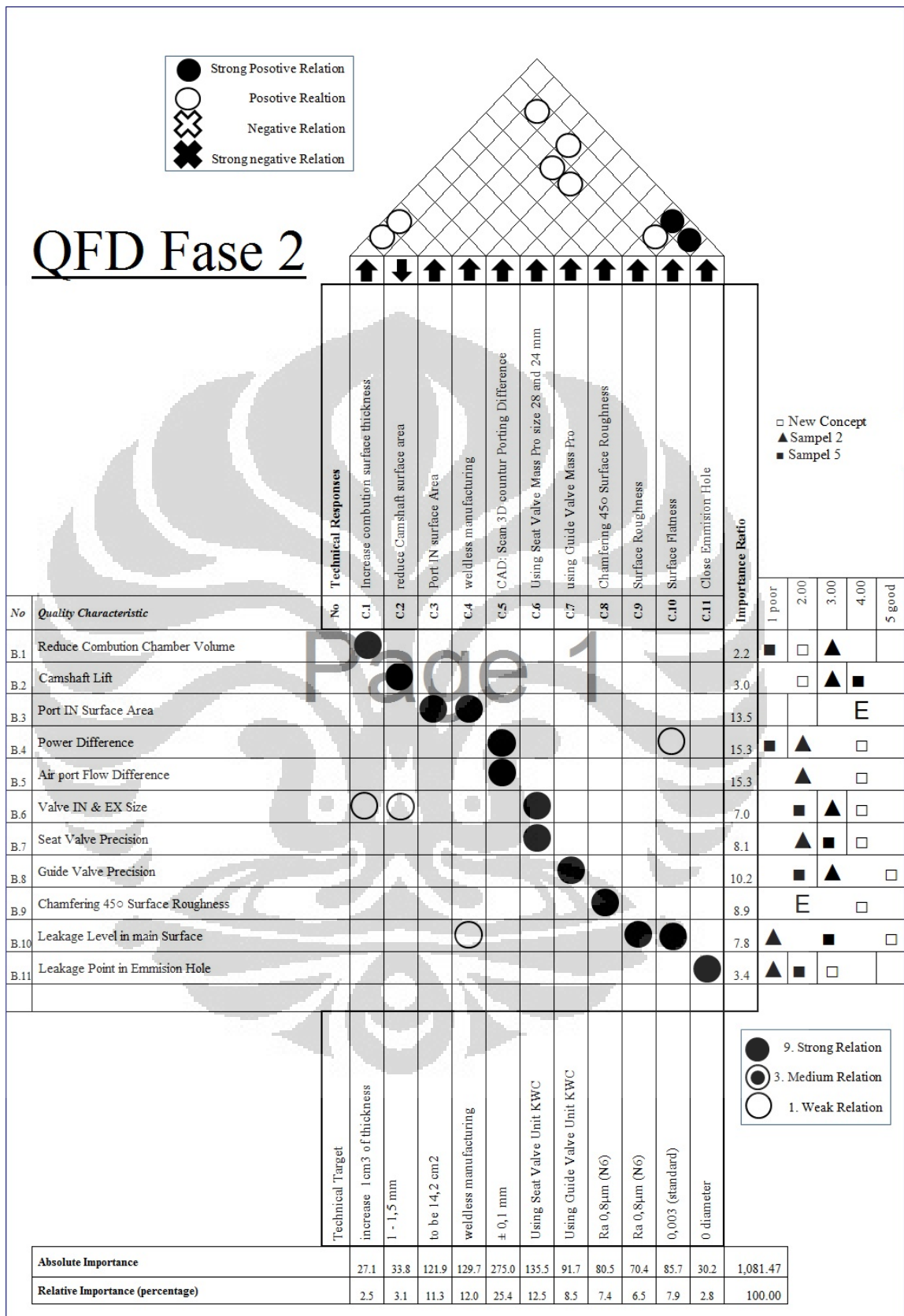
Dari simulasi CAD, diketahui bahwa agar mencapai *target Lift Camshaft* 9,5 mm diperlukan pengurangan permukaan sebesar 1-1,5 mm. Pengurangan permukaan tidak boleh melebihi 1,5 mm karena dinding akan menjadi lebih tipis.

Perbedaan *Power* dan *Perbedaan Air Port Flow* dapat diperkecil dengan cara memperkecil perbedaan kontur *porting*. Perbedaan dimensi yang lebih kecil menghasilkan selisih perbedaan *Power* dan *Air Port Flow* yang lebih kecil. Namun, dari pengalaman desain produk yang menggunakan kontur pada proses menggunakan cetak *plastic injection*, *aluminium casting* (*Cover Body*, kontur *Dies Cylinder Head*, dll) paling kecil terdapat penyimpangan maksimal $\pm 0,1$ mm. Untuk itu diperlukan teknologi CAD, yaitu dengan mendapatkan *Scan 3Dimensi* dari *Port*, kemudian dikonversikan menjadi *file 3 dimensi* kontur.

Untuk menggunakan *Seat Valve* yang lebih besar tidak perlu dilakukan dengan membuat *Seat valve* baru seperti yang dilakukan oleh *Team Partner*, karena PT. A memiliki *seat valve mass-pro* ukuran 28 dan 24 yang dapat diambil pada tipe sepeda motor tipe KWC. Tidak diperlukan membuat *guide valve* baru, karena dapat menggunakan *Guide valve mass-pro* tipe KWW. *Seat valve* dan *Guide valve mass-pro* mempunyai kepresisian yang baik. Agar tidak terjadi kebocoran pada permukaan temu dengan *valve*, kekasaran harus baik (N6 Ra 0,8 μ m). Angka kekasaran didapat dari standard desain *mass-pro* dari *Seat valve*.

Kebocoran permukaan antar komponen didefinisikan dengan tidak menggunakan proses pengelasan dalam memberikan bahan tambah pada *Cylinder Head*. Proses pengelasan pada *Cylinder Head* menyebabkan terjadi pori-pori dalam *Cylinder Head*, dan permukaan yang sudah di-*machining* dengan kerataan dan kekasaran menjadi buruk karena panas menyebabkan pemuaiian. Kebocoran permukaan diantisipasi dengan kekasaran permukaan dan kerataan permukaan yang baik. Angka kerataan 0,003 dan kekasaran permukaan Ra 0,8 μ m (N6) didapat dari standard desain PT.A. Agar tidak terjadi kebocoran pada lubang emisi, lubang emisi harus ditutup.

Nilai *Importance* berasal dari nilai *Absolute Importance* QFD fase 1. Kemudian, ditentukan hasil *Absolute Importance* dan *Relative Importance* yang baru di QFD 2. Penjelaj teknis QFD 2 dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil Diagram QFD dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Diagram QFD Fase 2

3.7.5 QFD Fase 3

QFD Fase 3 bertujuan untuk menentukan parameter proses pembuatan *Cylinder Head* modifikasi. Tahap QFD Fase 3 biasa disebut juga fase desain proses. Untuk itu lah, 70% anggota tim pengembangan QFD fase 3 adalah staf rekayasa proses yang mengetahui detail urutan dan OPC bagaimana produk *Cylinder Head* dibuat. *Technical Response* pada QFD Fase 2 menjadi *Part Characteristic* pada QFD Fase 3, yang kemudian didefinisikan lagi menjadi *Process Parameters* di QFD Fase 3. Detail *Technical Response* dan *Technical Target* dapat dilihat bahwa tabel 3.13 di bawah ini.

Tabel 3.13 *Technical Response* QFD Fase 3

	Daftar kebutuhan		<i>Technical Responses</i>	<i>Technical Target</i>
C.1	Menambah permukaan cekungan	D.1	<i>Main Mold</i>	Membuat <i>Main Mold</i> baru
C.2	Pengurangan permukaan ruangan <i>camshaft</i>	D.2	<i>Dies Sand Core Camshaft</i>	Membuat <i>Dies Sand Core Camshaft</i> baru
		D.3	<i>Penambahan Material Core Camshaft</i>	<i>Penambahan biaya material</i>
C.3	Luas Penampang Port IN	D.4	<i>Dies Slide Core</i>	Membuat <i>Dies Slide Core</i> baru
C.4	Proses Manufaktur tanpa proses las	D.5	Kenaikan Biaya Produksi	Menghitung biaya penambahan materil, man power
C.5	CAD: Perbedaan <i>Scan 3D</i> countur <i>Porting</i>	D.6	CAM (Computerized Aided Manufacturing)	CAM (<i>Computerized Aided Manufacturing</i>)
C.6	Penggunaan <i>Seat valve Mass Pro 28 dan 24</i>	D.8	Simulasi CAD Sudut Valve	Edit Program CNC: Tool Seeting
C.7	Penggunaan <i>Guide valve Mass Pro</i>	D.9	Assembling <i>Seat valve KWC & Guide valve KWW</i>	Assembling <i>Seat valve KWC & Guide valve KWW</i>
C.8	Kekasaran permukaan <i>Chamfering 45°</i>	D.7	Proses Chamfering diperlambat	Penambahan biaya produksi
C.9	Kehalusan permukaan	D.10	Program CNC: Rpm & Feed	Edit Program CNC 1
C.10	Kerataan permukaan			
C.11	Lubang emisi ditutup	D.11	Program CNC: Proses Lubang Emisi	Edit Program CNC 2

Dengan kebutuhan menambah permukaan cekungan, berarti harus diperlukan *Dies Main Mold* baru. *Dies Main Mold* adalah *Dies* pembentuk bagian bawah *Cylinder Head* yang terletak *fix* pada *Dies*.

Proses pengurangan permukaan ruangan *camshaft* dengan cara pembuatan *Dies Sand Core Camshaft* karena permukaan ruangan *Camshaft* dibentuk oleh cetakan pasir (*Sand Core*). Untuk itu diperlukan cetakan *core camshaft* yang baru.

Kebutuhan proses tanpa penambahan proses las dan penambahan area *Port IN* dilakukan dengan membuat baru *Slide Core Port IN* karena bagian tersebut dibentuk oleh *Slide Core*. *Slide Core* adalah bagian cetakan di *Dies* yang bisa bergerak maju mundur (*sliding*).

Kebutuhan penerapan CAD, setelah terbentuk gambar 3 dimensi *Porting*, adalah dengan mengkorvesikannya ke dalam program permesinan dengan *software CAM (Computerized Aided Manufacturing)*, sehingga kontur tersebut dapat dibuat secara presisi menggunakan mesin *Milling CNC*, jauh lebih presisi dibandingkan proses *porting* manual yang biasa dilakukan oleh *Team Partner*. Karena akan diproses menggunakan CAM, saat proses *casting, Sand Core Casting* tidak perlu dipasang.

Kebutuhan terhadap penggunaan *Seat Valve Mass-pro KWC* dan penggunaan *Guide valve Mass Pro KWW* menuntut perubahan pada proses machining-nya, yaitu dengan sedikit *edit program CNC* untuk program *Tool Setting*, dan Sudut Jig saja. Kemudian saat proses assembling *Seat valve* dan *Guide valve* pada *Cylinder Head* menggunakan *Seat valve* dan *Guide valve* dengan ukuran 28 dan 24.

Kekasaran permukaan *Chamfering 45°*, kehalusan permukaan, dan kerataan permukaan permesinan didapat dengan mencari *setting* ulang dan edit program untuk *Feed* dan *Rpm* dari proses permesinan, yaitu dengan memperlambat *feed*. Akibatnya proses akan lebih lama. Dibutuhkan *trial dan error* yang berdasarkan perhitungan teknis untuk menghasilkan angka *Feed* dan *Rpm* yang tepat. Penutupan lubang emisi dilakukan tidak dengan proses pengelasan atau penambahan baut pada lubang seperti yang dilakukan *Team Partner*, tetapi dengan menghilangkan proses pembuatan lubang tersebut, yaitu dengan menghilangkan program *CNC 2* untuk proses pembentukan lubang tersebut.

Lewat proses diskusi dalam tim, disusunlah tabel QFD fase 3, disertai hasil korelasi matriknya. Nilai *Importance* berasal dari nilai *Absolute Importance QFD* Fase 2. Kemudian, ditentukan hasil *Absolute Importance* yang baru di QFD 3, yang dapat dilihat pada Gambar 3.11. Penjelasan teknis QFD fase 3 dapat dilihat di Lampiran 6.

QFD Fase 3

No	Process Parameter	Technical Responses											Importance Ratio		
		D.1	D.2	D.3	D.4	D.5	D.6	D.7	D.8	D.9	D.10	D.11			
C.1	Increase combustion surface thickness	●													2.5
C.2	reduce Camshaft surface area		●												3.1
C.3	Port IN surface Area			●											11.3
C.4	weldless manufacturing				●	●									12.0
C.5	CAD: Scan 3D countur Porting Difference						●								25.4
C.6	Using Seat Valve Mass Pro size 28 and 24 mm								●	●					12.5
C.7	using Guide Valve Mass Pro									●	●				8.5
C.8	Chamfering 45° Surface Roughness								●						7.4
C.9	Surface Roughness				●							●	●		6.5
C.10	Surface Flatness											●	●		7.9
C.11	Close Emmission Hole												●		2.8
															0.0
Technical Target															
Make new main Mold															
Programm CNC Editing, reference difference															
make new Dies Sand Core Camshaft															
Design Dies Slide Core															
without Sand Core Porting															
CAM (Computerized Aided Manufacturing)															
Edit Program CNC: Tool Seeting															
Edit Program CNC: Jig Angle															
Assembling Seat Valve KWC & Guide valve KWB															
Edit Program CNC: Rpm & Feed															
Edit Program CNC: Erase Program Emission Hole															
Absolute Importance		22.5	28.1	101.4	166.5	107.9	228.9	67.0	112.8	189.1	129.9	25.1			1,179.31
Relative Importance (percentage)		1.9	2.4	8.6	14.1	9.2	19.4	5.7	9.6	16.0	11.0	2.1			100.00

- 9. Strong Relation
- 3. Medium Relation
- 1. Weak Relation

Gambar 3.11 Diagram QFD Fase 3

3.8 Aplikasi Tools Value Analysis

Terdapat dua elemen penting dalam *Value Analysis*, yaitu performa dan biaya. Untuk itu, dalam penelitian ini akan digunakan beberapa *tools Value Analysis* yaitu Matriks Sumber Daya dan Matrik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya. Untuk menerapkan tools tersebut, dibutuhkan beberapa langkah yaitu:

1. Biaya sebelum Pengembangan produk
2. Biaya setelah Pengembangan Produk
3. Matrik Sumber Daya
4. Matrik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya

Dalam hal ini, biaya yang dimaksud meliputi biaya proses permesinan, biaya material, biaya *man power*, dan biaya *sub-assembly*. Total biaya adalah:

$$\text{Total Biaya} = B. \text{Material} + B. \text{Man Power} + B. \text{Sub. Assy} + B. \text{Permesinan} \dots (3.1)$$

Biaya akan dihitung dengan sebelum proses pengembangan dan setelah proses pengembangan produk.

3.2.1 Biaya sebelum Pengembangan Produk

Sebelum proses pengembangan produk, biaya untuk menyediakan komponen terdiri dari biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan, ditambah biaya yang dikeluarkan oleh *Team Partner* untuk menjadikaannya sebagai komponen *Racing*. Biaya permesinan dan *man power* merupakan biaya yang berasal dari proses *casting* dan *machining*. Biaya material adalah biaya yang dikeluarkan untuk pembelian material aluminium serta material untuk *sand core*. Biaya komponen *sub.assy* terdiri dari biaya pembelian komponen *Seat valve*, *Guide valve*, dan *Pin*.

Penentuan biaya berdasarkan asumsi bahwa perusahaan akan membuat 200 *Cylinder Head* per tahun, dengan pembuatan dua kali setiap tahun, yang diproduksi pada awal tahun dan pertengahan tahun. 200 *Cylinder Head* tersebut akan diproduksi untuk menyediakan kepada 8 *Team Partner*. Sehingga setiap tahunnya, setiap *Team Partner* akan mendapat kurang lebih 25 komponen *Cylinder Head* yang diperlukan untuk *riset*, *setting*, dan *race*.

Biaya mesin produksi dan biaya *Man Power* Produksi sebelum pengembangan dapat dilihat pada Tabel 3.14 :

- Asumsi pembuatan = 100 komponen *Cylinder Head*.
- Biaya *Man Power*/jam= Rp.12.500

Tabel 3.14 Biaya Mesin Produksi dan Biaya *Man Power* Produksi sebelum Pengembangan Produk

Nama Proses Produksi		Komponen Biaya Mesin Produksi					Komponen Biaya <i>Man Power</i> Produksi		
		a	b	c	d	e	f	g	h
			=100/a			=bxcxd/60			=bxcxfxg/60
Proses		Kapasitas	Siklus	Waktu	Biaya	Total Biaya	Jumlah	Biaya Man	Total Biaya
Satuan		Proses	Proses	proses	Mesin/jam	Mesin	<i>Man Power</i>	Power / jam	<i>Man Power</i>
		(unit)	(siklus)	(menit)	(Rupiah)	(Rupiah)	(orang)	(Rupiah)	(Rupiah)
Proses Casting	<i>Casting</i>	2	50	0.5	49,000	20,417	1	12,500	5,208
	<i>Cetak Sand Core Porting</i>	4	25	0.4	31,720	5,287	1	12,500	2,083
	<i>Cetak Sand Core Jacket 1</i>	3	33	0.4	31,720	7,049	1	12,500	2,778
	<i>Cetak Sand Core Jacket 2</i>	3	33	0.4	31,720	7,049	1	12,500	2,778
	<i>Cetak Sand Core Dudukan Camshaft</i>	3	33	0.4	29,320	6,516	1	12,500	2,778
	<i>Kalsinasi</i>	25	4	10.0	50,000	33,333	1	12,500	8,333
	<i>Chipping</i>	1	100	0.3	20,580	10,290	1	12,500	6,250
	<i>Runner Cutting</i>	25	4	0.8	29,800	1,589	1	12,500	667
	<i>Trimming</i>	1	100	0.2			5	12,500	20,833
	<i>Hardening</i>	25	4	240.0	115,490	1,847,840	1	12,500	200,000
	<i>Sand Blasting</i>	5	20	1.0	28,440	9,480	1	12,500	4,167
	<i>Inspection</i>	1	100	0.5			1	12,500	10,417
Prose	<i>Facing</i>	10	10	1.0	36,780	6,130	1	12,500	2,083
	<i>Mill CNC 1</i>	2	50	1.2	39,830	39,830	1	12,500	12,500
	<i>Rough & Fine Boring</i>	2	50	0.8	32,000	21,333	1	12,500	8,333

Tabel 3.14 Biaya Mesin Produksi dan Biaya *Man Power* Produksi sebelum Pengembangan Produk (lanjutan)

Nama Proses Produksi	Satuan	Kapasitas	Siklus	Waktu	Biaya	Total Biaya	Jumlah	Biaya Man	Total Biaya
		Proses (unit)	Proses (siklus)	proses (menit)	Mesin/jam (Rupiah)	Mesin (Rupiah)	<i>Man Power</i> (orang)	Power / jam (Rupiah)	<i>Man Power</i> (Rupiah)
<i>Mill CNC 2</i>		2	50	1.0	39,830	33,192	1	12,500	10,417
<i>Assy Guide valve & Seat valve</i>		2	50	0.3	22,020	5,505	1	12,500	3,125
<i>Chamfering</i>		2	50	0.3	49,220	12,305	1	12,500	3,125
<i>Inspection</i>		1	100	0.1			1	12,500	2,083
<i>Washing</i>		4	25	0.6	42,180	10,545	1	12,500	3,125
<i>Inspection</i>		1	100	0.1			1	12,500	2,083
Visual Check		1	100	0.1			1	12,500	2,083
Total Biaya Mesin Produksi						2,077,689			
Total Biaya <i>Man Power</i> Produksi									315,250

Biaya material sebelum pengembangan dapat dilihat pada tabel 3.15:

Tabel 3.15 Biaya Material Sebelum Pengembangan produk

Nama Komponen	Satuan	i	j	k	l
		Jumlah Produksi (unit)	Berat per Unit (kg)	Harga Material/kg (rupiah)	Total Harga Material (rupiah)
Biaya Material Alumunium		100	1.20	32,180	3,861,600
Biaya Material <i>Slide Core Porting</i>		100	0.30	3,100	93,000
Biaya Material <i>Sand Core Jacket 1</i>		100	0.80	3,100	248,000
Biaya Material <i>Sand Core Jacket 2</i>		100	0.44	3,100	136,400
Biaya Material <i>Sand Core Dudukan Camshaft</i>		100	0.50	3,100	155,000
Total Biaya Material					4,494,000

Biaya komponen *Sub- Assembly* sebelum pengembangan dapat dilihat pada tabel 3.16:

Tabel 3.16 Biaya Komponen Sub **Assembly** sebelum Pengembangan

		m	n	o
				=m*n
Nama Komponen Sub Assy		Jumlah Komponen	Harga Komponen	Total Harga Material
	Satuan	(unit)	(rupiah)	(rupiah)
		100	8,120	812,000
<i>Seat valve IN</i>		100	7,260	726,000
<i>Seat valve EX</i>		100	3,500	350,000
<i>Guide valve IN</i>		100	3,500	350,000
<i>Guide valve EX</i>		100	1,000	100,000
<i>Pin</i>				
Total Biaya Komponen Sub Assy				2,338,000

Sehingga, untuk membuat 100 buah *Cylinder Head* (sebelum pengembangan), perusahaan harus mengeluarkan biaya Rp.9,224,939. Rangkuman dari biaya yang dikeluarkan dapat dilihat pada tabel 3.17.

Tabel 3.17 Biaya Produksi 100 *Cylinder Head* sebelum Pengembangan Produk

Komponen Biaya	Total Biaya
Total biaya Mesin Produksi	2,077,689
Total biaya <i>Man Power</i> produksi	315,250
Total Biaya Material	4,494,000
Total Biaya Komponen <i>Sub Assy</i>	2,338,000
Total Biaya	9,224,939

Dari data observasi, dapat dilihat bahwa pembuatan modifikasi *Cylinder Head spec. Racing* yang dilakukan *Partner Team* adalah sebesar Rp 1.200.000 sampai Rp 2.000.000, untuk itu dipilih rata-rata yaitu Rp 1.500.000. Sehingga, sebenarnya total biaya yang dibutuhkan untuk membuat 100 *Cylinder Head* spesifikasi racing adalah Rp 159.224.900 yang dapat dilihat pada Tabel 3.19.

Tabel 3.18 Total Biaya komponen *Cylinder Head spec. Racing* sebelum Pengembangan Produk

Atribut Biaya	Jumlah Komponen	Harga Produksi / komponen	Total Harga
	pcs	rupiah	rupiah
Biaya Modifikasi <i>Cylinder Head (Team Partner)</i>	100	1.500.000	150.000.000
Biaya Produksi Perusahaan	100	92.249	9.224.939
Total Biaya		1.592.249	159.224.939

3.8.2 Biaya setelah Pengembangan Produk

Setelah proses pengembangan, biaya untuk menyediakan komponen terdiri dari biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan, ditambah biaya yang dikeluarkan oleh *Team Partner* untuk menjadikannya sebagai komponen *Racing*. Dengan proses pengembangan tersebut, biaya perusahaan akan semakin tinggi, namun di sisi lain, biaya yang dikeluarkan oleh *Team Partner* akan semakin rendah. Hal ini dikarenakan proses manufaktur komponen *Cylinder Head* di perusahaan akan

ditambah, sedangkan proses manufaktur yang dilakukan *Team Partner* akan semakin dikurangi, bahkan dihilangkan.

Biaya yang dikeluarkan perusahaan tetap sama yaitu penjumlahan biaya material, biaya tenaga kerja, biaya permesinan, dan biaya komponen *sub assembly*. Biaya permesinan dan man-power merupakan biaya yang berasal dari proses *casting* dan *machining*. Karena terdapat beberapa penambahan proses manufaktur, maka biaya proses permesinan, dan man-power pun akan meningkat.

Biaya material adalah biaya material yang dikeluarkan untuk pembelian materil Alumunium. Karena ada penambahan material, maka material akan yang dibutuhkan untuk membuat *Cylinder Head* spec khusus semakin banyak, sehingga ada penambahan biaya material. Biaya komponen *sub.assy* terdiri dari biaya pembelian komponen *Seat valve*, *Guide valve*, dan *Pin*. Terdapat penambahan *biaya Seat valve* karena menggunakan *Seat valve* dengan ukuran yang lebih besar.

Karena terdapat penambahan fungsi dari konsumen, dibutuhkan beberapa atribut investasi baru yaitu menyangkut investasi komponen *Dies*, biaya proses Design, programming *CAM*, serta proses manufaktur *CAM*.

Penentuan biaya tetap berdasarkan asumsi bahwa perusahaan akan membuat 200 *Cylinder Head* per tahun, dengan pembuatan dua kali setiap tahun, yang diproduksi pada awal tahun dan pertengahan tahun. 200 *Cylinder Head* tersebut akan diproduksi untuk menyediakan kepada 8 *Team Partner*. Sehingga setiap tahunnya, setiap *Team Partner* akan mendapat kurang lebih 25 komponen *Cylinder Head* yang diperlukan untuk Riset, *Setting*, dan *Race*.

Biaya Mesin Produksi dan *Man Power* produksi setelah pengembangan dapat dilihat pada tabel 3.19:

Asumsi pembuatan 100 komponen *Cylinder Head* sekali produksi

Biaya Man Power= Rp. 12.500 / jam

Tabel 3.19 Biaya Mesin Produksi dan Biaya *Man Power* Produksi setelah Pengembangan

Nama Proses	a	b	Komponen Biaya Mesin Produksi			Komponen Biaya <i>Man Power</i> Produksi				
			Kapasitas Proses	Siklus Proses	Waktu proses	Biaya Mesin/jam	Total Biaya Mesin	Jumlah <i>Man Power</i>	Biaya Man Power / jam	Total Biaya <i>Man Power</i>
<i> Casting</i>	2	50	0.6	49,000	22,458	1	12,500	5,729		
<i> Setting Slide Core</i>	1	1	300.0	-	-	2	12,500	125,000		
<i> Cetak Sand Core Porting</i>	Tidak dipasang									
<i> Cetak Sand Core Jacket 1</i>	3	33	0.4	31,720	7,049	1	12,500	2,778		
<i> Cetak Sand Core Jacket 2</i>	3	33	0.4	31,720	7,049	1	12,500	2,778		
<i> Cetak Sand Core Dudukan Camshaft</i>	3	33	0.4	29,320	6,516	1	12,500	2,778		
<i> Kalsinasi</i>	25	4	10.0	50,000	33,333	1	12,500	8,333		
<i> Chipping</i>	1	100	0.3	20,580	10,290	1	12,500	6,250		
<i> Runner Cutting</i>	25	4	0.8	29,800	1,589	1	12,500	667		
<i> Trimming</i>	1	100	0.2	-	-	5	12,500	20,833		
<i> Hardening</i>	25	4	240.0	115,490	1,847,840	1	12,500	200,000		
<i> Sand Blasting</i>	5	20	1.0	28,440	9,480	1	12,500	4,167		
<i> Inspection</i>	1	100	0.5	-	-	1	12,500	10,417		
<i> Facing</i>	10	10	1.0	36,780	6,130	1	12,500	2,083		
<i> Edit Program Mill CNC 1</i>	1	1	4.0	-	-	1	26,000	1,733		
<i> Mill CNC 1</i>	2	50	1.4	39,830	46,468	1	12,500	14,583		
<i> Rough & Fine Boring</i>	2	50	1.5	32,000	40,000	1	12,500	15,625		

Tabel 3.19 Biaya Mesin Produksi dan Biaya *Man Power* Produksi setelah Pengembangan (Lanjutan)

Nama Proses	Satuan	Kapasitas	Siklus	Waktu	Biaya	Total Biaya	Jumlah	Biaya Man	Total Biaya
		Proses (unit)	Proses (siklus)	proses (menit)	Mesin/jam (Rupiah)	Mesin (Rupiah)	<i>Man Power</i> (orang)	Power / jam (Rupiah)	<i>Man Power</i> (Rupiah)
<i>Mill CNC 2</i>		2	50	0.8	39,830	26,553	1	12,500	8,333
<i>Mill CNC 2: CAM</i>		2	50	150.0	39,830	4,978,750	1	12,500	1,562,500
<i>Assy Guide valve & Seat valve</i>		2	50	0.3	22,020	5,505	1	12,500	3,125
<i>Chamfering</i>		2	50	0.3	49,220	12,305	1	12,500	3,125
<i>Inspection</i>		1	100	0.1	-	-	1	12,500	2,083
<i>Washing</i>		4	25	0.6	42,180	10,545	1	12,500	3,125
<i>Inspection</i>		1	100	0.1	-	-	1	12,500	2,083
Visual Check		1	100	0.1	-	-	1	12,500	2,083
Total Biaya Mesin						7,071,861			
Total Biaya <i>Man Power</i>									2,011,946

Biaya material setelah terjadinya proses pengembangan dapat dilihat pada tabel 3.20:

Tabel 3.20 Biaya Material setelah Pengembangan Produk

Atribut Biaya material	Satuan	i	j	k	L (=i x j x k)
		Jumlah produksi (unit)	Berat / unit (kg)	Harga Mat/kg (rupiah)	Total Harga mat (rupiah)
Biaya Material Alumunium		100	1.35	32,180	4,344,300
Biaya Material <i>Slide Core Porting</i>			Tidak dipasang		
Biaya Material <i>Sand Core Jacket 1</i>		100	0.80	3,100	248,000
Biaya Material <i>Sand Core Jacket 2</i>		100	0.44	3,100	136,400
Biaya Material <i>Sand Core Dudukan Camshaft</i>		100	0.55	3,100	170,500
Total Biaya Material					4,899,200

Biaya komponen Sub Assy setelah pengembangan dapat dilihat pada Tabel 3.21 berikut

Tabel 3.21 Biaya Komponen *Sub Assembly* setelah Pengembangan Produk

		m	n	o
		=m*n		
	Satuan	Jumlah Komponen (unit)	Harga Komponen (rupiah)	Total Harga (rupiah)
	<i>Seat valve IN</i>		100	8,600
<i>Seat valve EX</i>		100	7,610	761,000
<i>Guide valve IN</i>		100	3,500	350,000
<i>Guide valve EX</i>		100	3,500	350,000
Pin		100	1,000	100,000
Total Biaya Komponen Sub Assy				2,421,000

Biaya desain dan programming setelah pengembangan dapat dilihat pada tabel 3.23 berikut:

Tabel 3.22 Biaya Desain dan *Programming* setelah Pengembangan Produk

		<i>Komponen Biaya Tools CAD/CAM</i>				<i>Komponen Biaya Man Power</i>			
		p	q	r	s	t	u	v	w
		=p				=qrxs/60			=qrxuxv/60
<i>Nama Proses Design</i>		<i>Kapasitas Proses</i>	<i>Siklus Proses</i>	<i>Waktu proses</i>	<i>Biaya Tools/jam</i>	<i>Total Biaya Tools</i>	<i>Jumlah Man Power</i>	<i>Biaya Man Power / jam</i>	<i>Total Biaya Man Power</i>
	Satuan	(unit)	(siklus)	(menit)	(Rupiah)	(Rupiah)	(orang)	(Rupiah)	(Rupiah)
CAD: Design Sudut Seat & <i>Guide valve</i>		1	1	300	31,890	159,450	1	26,000	130,000
<i>Scan 3D GOM</i>		8	8	180	42,400	1,017,600	1	26,000	624,000
CAD: 3D Verification		8	8	360	31,890	1,530,720	1	26,000	1,248,000
CAM: CAM Programming		8	8	120	33,000	528,000	1	28,000	448,000
Total Biaya Tools Design (CAD & CAM)						3,235,770			
Total Biaya Man Power Design (CAD & CAM)									2,450,000

Perkiraan biaya tersebut ditambah atribut biaya investasi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan konsumen, ada pada tabel 3.24.

Tabel 3.23 Kemungkinan Biaya Investasi setelah Pengembangan Produk

Nama Tambah Investasi	Biaya Investasi
<i>Modifikasi Dies Slide Core</i>	60,800,000
<i>MididDies Main Mold</i>	63.000.000
Membuat Dies Sand Core Camshaft	48.000.000
Tools CAM	6,000,000

Dari tabel biaya di atas disertai pemahaman dari proses QFD Fase III, kita dapat mendefinisikan fungsi-fungsi yang diinginkan oleh konsumen terhadap biaya-biaya yang terkait dengan fungsi tersebut, yaitu:

Tabel 3.24 Detail Biaya Investasi setelah Pengembangan Produk (detail)

	Biaya Sebelum Pengembangan	Perkiraan Biaya setelah Pengembangan	Selisih Biaya
Membuat <i>Main Mold</i> baru	0	63,000,000	63,000,000
Membuat <i>Dies Sand Core Camshaft</i> baru	0	48,000,000	48,000,000
Penambahan Material Akibat <i>Dies Sand Core Camshaft</i> Baru	155,000	170,500	15,500
Membuat <i>Dies Slide Core</i> baru	0	60,800,000	60,800,000
Pengurangan Biaya Akibat <i>Sand Core Porting</i> tidak dipasang	93,000	0	-93,000
Biaya <i>Man Power Setting Slide Core</i>	0	125,000	125,000
Biaya Penambahan Material Aluminium	3,861,600	4,344,300	482,700
Tools CAM	0	6,000,000	6,000,000
Biaya Mesin <i>Scan 3D</i>	0	1,017,600	1,017,600
Biaya <i>Man-Power Scan 3D</i>	0	624,000	624,000
Biaya Tools CAD: 3D Verification	0	1,530,720	1,530,720
Biaya <i>Man Power</i> CAD: 3D Verification	0	1,248,000	1,248,000
Biaya Mesin Proses Machining CAM	0	4,978,750	4,978,750
Biaya <i>Man Power</i> Proses Machining CAM	0	1,562,500	1,562,500
Edit Program <i>Mill CNC 2</i>	0	1,733	1,733
Biaya Mesin: Penambahan waktu proses CNC 2	33,192	26,553	-6,638
Biaya <i>Man Power</i> : Penambahan biaya <i>Man Power</i> CNC 2	10,417	8,333	-2,083
Selisih Penggunaan <i>Seat valve IN</i>	812,000	860,000	48,000
Selisih Penggunaan <i>Seat valve EX</i>	726,000	761,000	35,000
Biaya Tool CAD: Simulasi Sudut <i>Valve</i>	0	159,450	159,450
Biaya <i>Man Power</i> CAD: Simulasi Sudut <i>Valve</i>	0	130,000	130,000
Biaya Mesin: Penambahan biaya <i>Man Power</i> Rough & Fine Boring	21,333	40,000	18,667
Biaya <i>Man Power</i> : Penambahan biaya <i>Man Power</i> Rough & Fine Boring	8,333	15,625	7,292
Edit Program <i>Mill CNC 1</i>	0	1,733	1,733
Biaya Mesin: Penambahan waktu proses CNC 1	39,830	46,468	6,638
Biaya <i>Man Power</i> : Penambahan biaya <i>Man Power</i> CNC 1	12,500	14,583	2,083
Selisih Biaya (untuk pembuatan 100 komponen)			189,693,645

3.8.3 Matrik Sumber Daya

Setelah dapat diperkirakan atribut biaya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan konsumen, dapat disusun Matrik Sumber Daya. Pada intinya, atribut-atribut biaya yang harus dikeluarkan dijabarkan ke dalam fungsi-fungsi kebutuhan konsumen yang menjadi data awal untuk menyusun QFD fase 1. Matrik Sumber Daya dapat dilihat di Tabel 3.25.

Tabel 3.25 Matrik Sumber Daya

Atribut	Atribut Biaya	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.6	A.7	A.8	Jumlah		
		Bisa menampung kompresi tinggi	Bisa menampung Camshaft dengan Lift tinggi	Fleksibilitas modifikasi porting	pembuatan kembali identik	Menggunakan Valve lebih besar	Seat valve & Guide valve Awet	Permukaan Tidak bocor	Lubang emisi di non aktifkan			
QFD 3	Persentase	4.08	4.08	22.45	20.41	12.24	16.33	14.29	6.12	100		
D.1	Membuat <i>Main Mold</i> baru	63,000,000								63,000,000	63,000,000	D.1
D.2	Membuat <i>Dies Sand Core Camshaft</i> baru		48,000,000							48,000,000	48,000,000	D.2
D.3	Penambahan Material Akibat <i>Dies Sand Core Camshaft</i> Baru		15,500							15,500	15,500	D.3
D.4	Membuat <i>Dies Slide Core</i> baru			31,847,619	28,952,381					60,800,000	60,800,000	D.4
D.5	Pengurangan Biaya Akibat <i>Sand Core Porting</i> tidak dipasang			-48,714	-48,714					-93,000	514,700	D.5
	Biaya <i>Man Power Setting Slide Core</i>			65,476	59,524					125,000		
	Biaya Penambahan Material Aluminium			252,843	229,857					482,700		
D.6	Tools CAM			3,142,857	2,857,143					6,000,000	16,961,570	D.6
	Biaya Mesin <i>Scan 3D</i>			533,029	484,571					1,017,600		
	Biaya <i>Man-Power Scan 3D</i>			326,857	297,143					624,000		
	Biaya Tools CAD: 3D Verification			801,806	728,914					1,530,720		
	Biaya <i>Man Power</i> CAD: 3D Verification			653,714	594,286					1,248,000		
	Biaya Mesin Proses Machining CAM			2,607,917	2,370,833					4,978,750		
	Biaya <i>Man Power</i> Proses Machining CAM			818,452	744,048					1,562,500		
D.11	Edit Program <i>Mill CNC 2</i>								1,733	1,733	1,733	D.11
	Biaya Mesin: Penambahan waktu proses CNC 2								0	-6,638		
	Biaya <i>Man Power</i> : Penambahan biaya <i>Man Power</i> CNC 2								0	-2,083		
D.9	Biaya Komponen Sub Assy: Selisih biaya <i>Seat valve IN</i>					20,571	27,429			48,000	83,000	D.9
	Biaya Komponen Sub Assy: Selisih biaya <i>Seat valve EX</i>					15,000	20,000			35,000		
D.8	Biaya Tool CAD: Simulasi Sudut <i>Valve</i>					68,336	91,114			159,450	289,450	D.8
	Biaya <i>Man Power</i> CAD: Simulasi Sudut <i>Valve</i>					55,714	74,286			130,000		
D.7	Biaya Mesin: Penambahan biaya <i>Man Power</i> Rough & Fine Boring					8,000	10,667			18,667	25,958	D.7
	Biaya <i>Man Power</i> : Penambahan biaya <i>manPower</i> Rough & Fine Boring					3,125	4,167			7,292		
D.10	Edit Program <i>Mill CNC 1</i>		385					1,348		1,733	10,455	D.10
	Biaya Mesin: Penambahan waktu proses CNC 1		1,475					5,163		6,638		
	Biaya <i>Man Power</i> : Penambahan biaya <i>Man Power</i> CNC 1		463					1,620		2,083		
	TOTAL BIAYA	63,000,000	48,017,823	41,001,856	37,274,414	170,746	227,662	8,132	1,733	189,693,645		
	Persentase Biaya (%)	33.21	25.31	21.61	19.65	0.09	0.12	0.0043	0.0009	100		

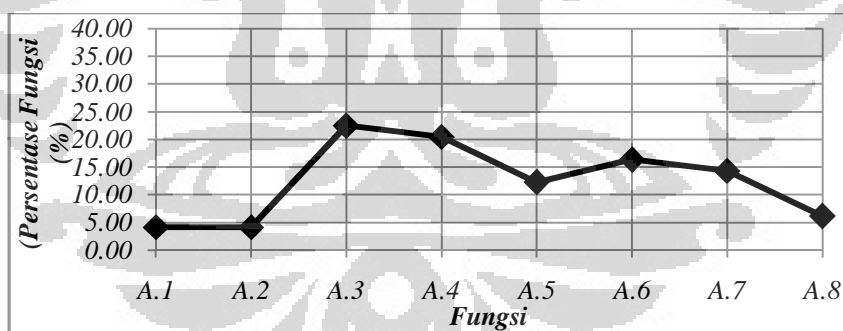
3.8.4 Matrik Perbandingan Persentasi Fungsi dan Biaya

Matrik perbandingan berguna untuk mengetahui penjabaran persentase fungsi dibandingkan persentase biaya, sehingga dapat menentukan alokasi biaya yang tepat untuk memenuhi tingkat kebutuhan yang diinginkan konsumen. Yang sempurna adalah alokasi biaya sama dengan persentase fungsi, namun hal itu sulit akan sulit tercapai.

Jika alokasi biaya dibawah persentasi fungsi berarti perusahaan menerima keuntungan dengan biaya minimal namun dapat memenuhi kebutuhan konsumen maksimal. Artinya perusahaan masih memiliki cadangan alokasi biaya untuk meningkatkan kualitas produk dan memperbaiki proses. Dalam beberapa kasus, bila alokasi biaya yang dibutuhkan kecil untuk memenuhi tingkat kebutuhan tertentu, bisa dipertimbangkan untuk diterapkan dalam pengembangan produk.

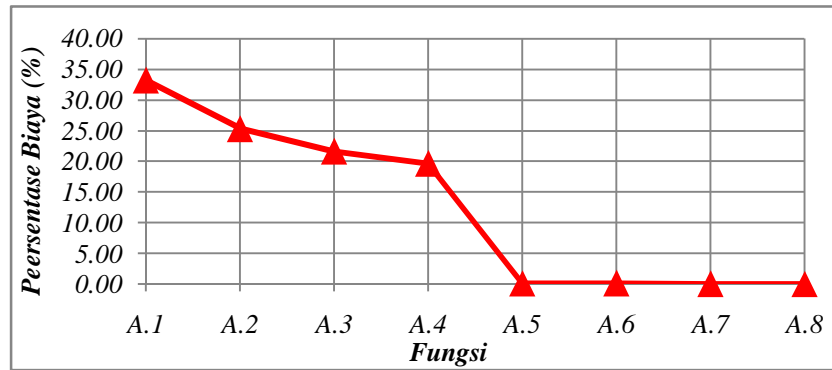
Namun di sisi lain, bila alokasi biaya ternyata di atas persentase fungsi, perusahaan merugi karena perusahaan mengeluarkan biaya yang besar untuk kebutuhan konsumen yang sebenarnya tidak terlalu diperlukan.

Dari data tingkat kepentingan relatif pada Gambar 3.12, kita dapat mengetahui grafik persentase fungsi, yaitu:



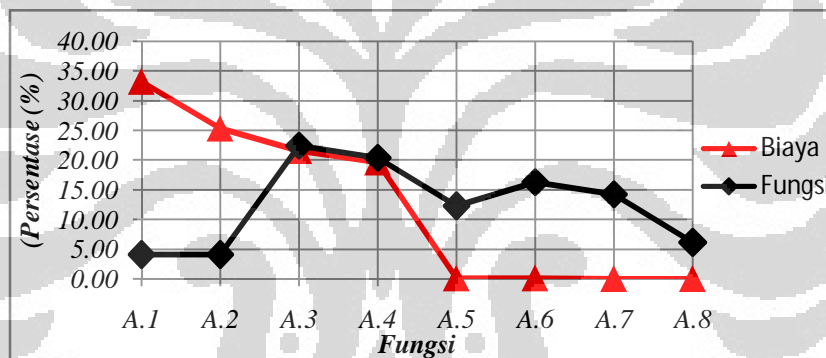
Gambar 3.12 Grafik Persentase Fungsi

Dari data matrik sumber daya pada Tabel 3.26, kita dapat mengetahui grafik persentase alokasi yang dikeluarkan perusahaan untuk memenuhi kebutuhan fungsi tertentu dari konsumen, yaitu:



Gambar 3.13 Grafik Peersentase Biaya

Kemudian dari Gambar 3.12 dan Gambar 3.13, dapat disusunlah grafik perbandingan antara persentase fungsi dan persentase biaya yang dikeluarkan, yaitu dapat dilihat pada Gambar 3.14



Gambar 3.14 Grafik Perbandingan Peersentase Fungsi & Biaya

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

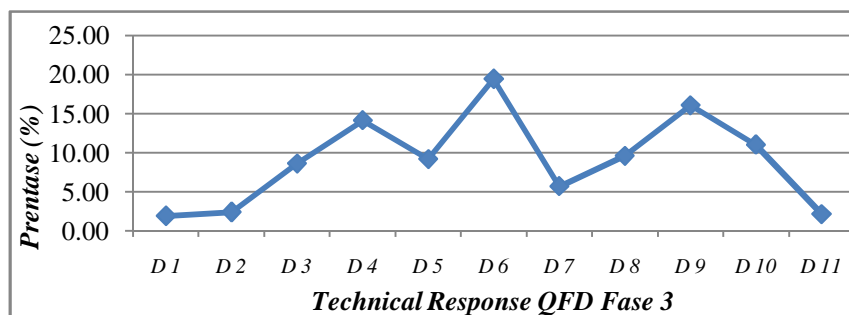
4.1 Analisa QFD

Setiap kebutuhan fungsi dari konsumen telah mempunyai tingkat kepentingan relatif yang didapat dari *Mudge Diagram*. Kebutuhan fungsi dari konsumen tersebut dijabarkan ke QFD Fase 1 menjadi *Technical Responses* yang disebut Karakteristik Kualitas dan memiliki *Relative Importance* (RI) baru. RI Fase 1 menggambarkan tingkat kepentingan dari Karakteristik Kualitas tersebut yang menjadi bahan di diagram kebutuhan di QFD Fase 2. Hal tersebut terus berulang, hingga akhirnya didapat RI dari *Technical Response* QFD Fase 3.

Proses diskusi *Focus Group* pada QFD 1, QFD 2, dan QFD 3 dapat menjabarkan secara lebih detail seberapa besar kebutuhan konsumen terhadap produk *Cylinder Head*, dan hal apa sajakah yang perlu dilakukan oleh perusahaan untuk mewujudkan dan membuat produk yang dapat memenuhi kebutuhan konsumen tersebut.

Proses diskusi QFD melibatkan pihak konsumen, rekayasa produk, dan rekayasa proses sehingga penjabaran fungsi-fungsi kebutuhan konsumen dapat didefinisikan dengan jelas dan baik. Dan pada akhirnya, pada proses *Focus Group* QFD 3, tim pengembangan sudah dapat memperkirakan dengan lebih jelas seberapa besar usaha yang harus dilakukan perusahaan untuk mewujudkan fungsi-fungsi yang diinginkan pada produk *Cylinder Head*, investasi apa saja yang harus diterapkan, perubahan *setting* pada mesin produksi apa sajakah yang harus dilakukan, perubahan desain apakah, dan bagaimana harus diterapkan.

Berapa besar usaha, investasi, dan perubahan apa saja yang harus dilakukan perusahaan dalam memenuhi kebutuhan konsumen dapat dilihat pada *Technical Response* tabel QFD Fase 3. *Technical Response* tersebut terdiri dari komponen D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10, dan D11. Masing-masing memiliki *Relative Importance* baru.

Gambar 4.1 *Relative Importance* dari *Technical Response* QFD Fase 3

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa Atribut D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, D10 memiliki persentasi *Relative Importance* yang relatif lebih besar. Hal ini berarti dengan mengaplikasikan *Technical Response* tersebut, perusahaan dapat memenuhi kebutuhan konsumen yang memiliki tingkat kepentingan besar juga. Hal ini karena atribut *Technical Respons* D (QFD 3) merupakan hasil penjabaran dari kebutuhan konsumen menjadi komponen-komponen yang lebih detail dan memiliki tingkat kepentingan tinggi. Keterikatan antar komponen *Technical Respons* tersebut bisa berpengaruh terhadap hasil persentasi RI dari QFD Fase 3.

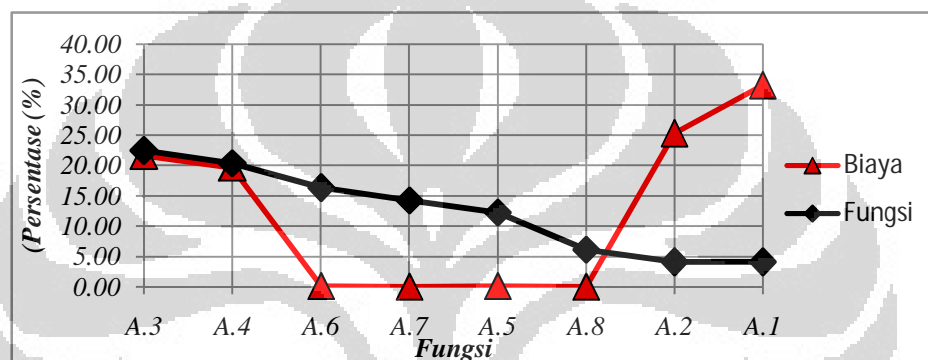
Technical Response D1, D2, dan D11 memiliki persentasi *Relative Importance* yang relatif kecil, yang artinya perwujudan dan pelaksanaan *technical responses* tidak menjadi prioritas bagi konsumen sehingga perusahaan bisa mengambil sikap tidak perlu mewujudkan kebutuhan konsumen tersebut. Bahkan dalam banyak kasus, atribut *Technical Responses* yang memiliki *Relative Importance* yang kecil tidak perlu diaplikasikan pada pengembangan produk karena akan menambah biaya. Tabel 4.1 memperlihatkan kesimpulan proses QFD.

Tabel 4.1 Kesimpulan dari Proses *Focus Group* QFD

No	Keterangan	%	Keterangan
D 1	Membuat <i>Main Mold</i> baru	1.91	tidak
D 2	Membuat <i>Dies Sand Core Camshaft</i> baru	2.38	tidak
D 3	Penambahan material <i>Core Camshaft</i>	8.60	diterapkan
D 4	Membuat <i>Dies Slide Core</i> baru	14.12	diterapkan
D 5	<i>Kenaikan Biaya produksi mesin dan man power CAM</i>	9.15	diterapkan
D 6	<i>CAM (Computerized Aided Manufacturing)</i>	19.41	diterapkan
D 7	Proses <i>Chamfering</i> diperlambat	5.68	diterapkan
D 8	Edit Simulasi CAD Sudut Valve	9.56	diterapkan
D 9	<i>Assembling Seat Valve KWC dan Guide Valve KWB</i>	16.03	diterapkan
D 10	Edit Program CNC: Rpm & Feed	11.02	diterapkan
D 11	Edit Program CNC: Menghapus Program Proses Lubang Emisi	2.13	tidak

4.2 Analisa Matrik Perbandingan Persentase Fungsi dan Biaya

Dari persentase fungsi dari kebutuhan konsumen dan persentase biaya, dapat disusun matrik perbandingan antara persentase biaya dan persentase fungsi, yang dapat dilihat pada Gambar 4.2. Fungsi di sini adalah fungsi dari kebutuhan konsumen (kolom *whats'* pada QFD Fase 1). Sedangkan biaya adalah biaya apa sajakah yang dibutuhkan untuk mewujudkan kebutuhan konsumen di QFD Fase 1. Biaya tersebut sudah merupakan biaya hasil Penjabaran dari proses QFD 1, QFD 2, dan QFD fase 3, yang dapat dilihat di matrik Sumber Daya.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Persentase Fungsi & Biaya (diurutkan)

Dari Grafik 4.2 dapat dilihat bahwa kebutuhan fungsi A.3, A.4, A.6, A.7, A.5, A.8 dapat diaplikasikan ke dalam fungsi dari *Cylinder Head* dengan spec. khusus karena persentase biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi kebutuhan cukup sebanding dengan tingkat kepentingan relative dari kebutuhan konsumen. Sedangkan fungsi dari A.1 dan A.2 tidak bisa diaplikasikan karena tingkat kepentingan relatifnya rendah, namun untuk mewujudkannya, perusahaan justru membutuhkan biaya yang besar.

Tabel 4.2 Kesimpulan dari data Matrik Perbandingan

A.1	Menampung kompresi tinggi	4.08	tidak
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi	4.08	tidak
A.3	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>	22.45	diterapkan
A.4	Pembuatan kembali identik	20.41	diterapkan
A.5	Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar	12.24	diterapkan
A.6	<i>Seat valve & Guide valve</i> Awet	16.33	diterapkan
A.7	Permukaan Tidak bocor	14.29	diterapkan
A.8	Lubang emisi tidak bocor/ditutup	6.12	diterapkan

Dari analisa QFD, dapat dilihat bahwa atribut D11 (Edit Program CNC: menghapus program pembuatan lubang emisi) tidak diterapkan pada pengembangan produk. Namun dari analisa matrik perbandingan persentase fungsi dan biaya, dapat dilihat bahwa biaya fungsi yang berkaitan dengan atribut D11, yaitu kebutuhan A.8 (lubang emisi tidak bocor/ditutup) diaplikasikan pada langkah pengembangan produk karena persentase biayanya yang dibutuhkan untuk Edit Program CNC (menghapus program lubang emisi) ternyata kecil.

Perpaduan analisa QFD dan matrik perbandingan persentase fungsi dan biaya dapat saling melengkapi, QFD lebih kepada penjabaran fungsi-fungsinya, sedangkan Matrik perbandingan persentase fungsi dan biaya lebih kepada perbandingan kepentingan fungsi dan biaya yang harus dikeluarkan.

4.3 *Spesifikasi Cylinder Head spesifikasi racing*

Dengan mempertimbangkan proses QFD, dan Matrik perbandingan maka spesifikasi akhir dari *Cylinder Head* spec. khusus adalah:

- Permukaan Port IN *Cylinder Head* ditambah menjadi 14,2 cm² dengan cara membuat komponen Dies Slide Core.
- Proses *Porting* menggunakan CAM (*Computerized Aided Manufacturing*), tidak lagi manual.
- *Seat valve* menggunakan *Seat valve* ukuran 28 & 24 yang diambil dari *Seat Valve* tipe KWC.
- Tingkat kekasaran permukaan *Seat valve* adalah Ra 0,8 μ m (N6).
- *Guide Valve* menggunakan standard Mass Pro tipe KWW
- Lubang Emisi tidak diproses (ditutup).
- Proses pembuatan *Cylinder Head* dikerjakan di *in-plant* PT. A. (jika masih dibutuhkan, aktivitas untuk mengurangi permukaan ruangan *Camshaft* dan menampung kompresi tinggi, dilakukan oleh *Team Partner* di *Out Plant* PT. A).

4.4 Analisa Biaya dan Investasi

Dari data biaya yang harus dikeluarkan untuk pemenuhan kebutuhan, kita dapat membandingkan biaya yang terjadi sebelum proses pengembangan dan biaya yang terjadi setelah proses pengembangan. Dalam hal ini, biaya dibagi dua yaitu biaya variable dan biaya tetap

Dibutuhkan beberapa investasi yang tergolong biaya tetap yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Biaya tetap yang paling besar adalah untuk keperluan Investasi *Dies Slide Core* baru yaitu sebesar Rp 60,800,000. Jumlah biaya tetap dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Tabel Perbandingan Biaya Tetap

Nama Item Biaya Tetap		Sebelum Pengembangan	Setelah Pengembangan
Biaya yang dikeluarkan perusahaan	Biaya Tetap	Investasi <i>Dies Slide Core</i>	60,800,000
		Investasi Tool CAM	6,000,000
		Biaya Tools Desain & Programming	3,235,770
		Biaya <i>Man Power</i> Desain	2,450,000
Total			72,485,770

Besaran biaya variabel tergantung jumlah barang yang akan diproduksi oleh perusahaan. Dalam hal ini, perbandingan biaya variable dihitng dalam kerangka produksi 100 komponen, karena seusai rencana dan jadwal permintaan dari konsumen, komponn akan diproduksi 100 komponen selama 2 kali dalam setahun. Jumlah biaya variable dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.4 Tabel Perbandingan Biaya Variabel

Nama Item Biaya Variabel		Sebelum Pengembangan	Setelah Pengembangan
Biaya yang dikeluarkan perusahaan	Biaya Variabel (100 pcs)	Biaya permesinan	7,071,861
		Biaya <i>Man Power</i>	2,011,946
		Biaya Material	4,899,200
		Biaya Komponen Sub.Assy	2,421,000
Total		9,224,939	16,404,007

Dari tabel 4.3, kita dapat melihat bahwa selisih biaya yang paling besar terletak pada proses permesinan dan biaya *Man Power*, karena terdapat tambahan proses permesinan, antara lain biaya permesinan CAM (*Computerized Aided*

Manufacturing) sebesar Rp 4,978,750 (untuk 100 benda), serta biaya man power permesinan untuk CAM Rp 1.562.500. Namun karena kebutuhan konsumen terhadap fungsi fleksibilas proses *Porting* dan pembuatan kembali identik tinggi, investasi dan tingginya biaya proses permesinan tetap akan diterapkan pada Cylinder Head spesifikasi Racing.

Di samping itu, serta terdapat juga beberapa proses *casting* dan *machining* yang lebih lama dibandingkan sebelum pengembangan. Perubahan lebih detail dapat dilihat pada tabel 3.10.

Ditambah juga biaya man power untuk mengganti *setting* mesin, *setting jig*, dan *setting dies* produksi *mass pro*. Contohnya adalah biaya man power untuk *setting dies Slide Core*. Walaupun hanya dilakukan sekali untuk memproduksi 100 komponen, waktu setup lama (sampai 5 jam) karena harus menunggu *dies* dingin, lalu mengganti *dies*, setelah itu jig yang baru harus dipanasi sampai menyentuh suhu kerjanya.

Jika ingin dilihat keseluruhan dari biaya produksi untuk menghasilkan komponen *Cylinder Head spec. Racing*, biaya produksi setelah pengembangan sebenarnya lebih rendah dibandingkan proses sebelum pengembangan. Salah satunya dipengaruhi oleh mahalnya biaya modifikasi *Cylinder Head*, yaitu sebesar Rp 1.500.000 / *Cylinder Head* yang biasa dilakukan oleh bengkel luar perusahaan. Data dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Total Biaya Pembuatan *Cylinder Head spec. racing*

		Sebelum Pengembangan	Setelah Pengembangan
Biaya produksi di PT. A	Total Biaya Variabel	9,224,939	16,404,007
	Total Biaya Tetap	-	72,485,770
Biaya Modifikasi oleh Tem Partner	100 pcs x Rp 1.500.000	150,000,000	0
Total Biaya		159,224,939	88,889,777

Pada awalnya, setiap *Team Partner* harus mengeluarkan biaya sebesar Rp. 1.500.000 / komponen untuk memodifikasi sebuah *Cylinder Head mass pro* menjadi *Cylinder Head spec. racing*. Karena proses modifikasi spec. khusus sudah dilakukan di dalam perusahaan, maka biaya yang dikeluarkan *Team Partner*

pun menjadi semakin rendah, bahkan menjadi nol rupiah. Fitur-fitur pengembangan dan modifikasi komponen *Cylinder Head* yang biasanya dilakukan oleh *Team Partner* sudah termasuk di dalam fitur *Cylinder Head* hasil pengembangan ini.

Pengeluaran tambahan *Team Partner* akan bertambah jika ada Team yang masih ingin memangkaskan permukaan bawah *Cylinder Head* untuk menampung kompresi rasio mesin yang tinggi. Pada observasi, dapat dilihat terdapat beberapa *Team Partner* yang menerapkan pemangkasan permukaan bawah *Cylinder Head* dan ada yang tidak. Fitur pemangkasan permukaan bawah *Cylinder Head* tidak diaplikasikan pada komponen *Cylinder Head spec.* khusus ini, karena biaya investasi tinggi serta rendahnya tingkat kepentingan relatifnya.

Mahalnya biaya pembuatan modifikasi *Cylinder Head* di bengkel luar perusahaan dipengaruhi oleh proses pembuatan yang lama dan masih menggunakan proses *porting* manual, sehingga dibutuhkan inspeksi dan pengetesan komponen yang berulang-ulang sampai ditemukan performa komponen terbaik. Terdapat unsur bisnis dalam penentuan mahalnya biaya modifikasi, sehingga penyedia jasa tidak segan-segan memberikan harga yang tinggi. Konsumen akan berani membayar mahal asal kualitas bagus, dan performa komponen dapat teruji dengan baik.

Karena semakin tingginya biaya produksi dari pembuatan *Cylinder Head spec* khusus tersebut, perlu dipikirkan ulang kebijakan perusahaan menyakut kerjasama dengan *Team Partner* karena setiap tahun perusahaan juga sudah memberikan dana sponsorship kepada *Team Partner*. Sehingga, diperlukan penyesuaian dana sponsorship agar biaya produksi menjadi berimbang.

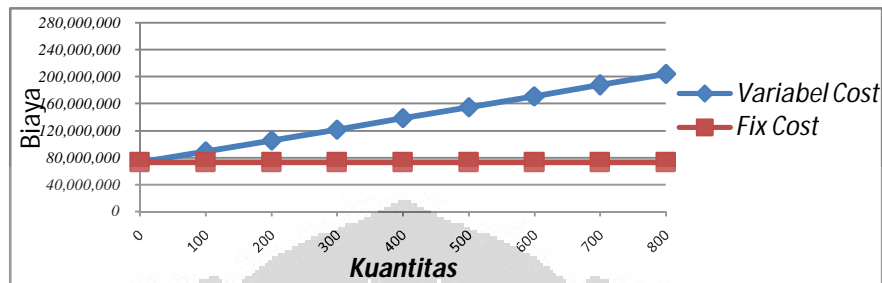
4.4.1 Simulasi Investasi dan Biaya

Perhitungan di atas untuk perhitungan produksi 100 komponen saja, karena dengan mempertimbangkan *event* balap di Indonesia *Cylinder Head* akan diproduksi setiap 100 komponen di awal tahun, dan 100 komponen di pertengahan tahun. Karena terdapat komponen biaya tetap dan biaya variabel, maka dibutuhkan simulasi investasinya untuk pembuatan 100, 200, 300, sampai 800 komponen yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Simulasi Biaya Tetap dan Biaya Variabel

Biaya	Jumlah Unit	I		II		III		IV	
		100	200	300	400	500	600	700	800
Variabel Cost	Total Biaya Mesin Produksi	7,071,861	14,143,722	21,215,583	28,287,444	35,359,305	42,431,166	49,503,027	56,574,888
	Total Biaya <i>Man Power</i> Produksi	2,011,946	4,023,892	6,035,838	8,047,783	10,059,729	12,071,675	14,083,621	16,095,567
	Total Biaya Material	4,899,200	9,798,400	14,697,600	19,596,800	24,496,000	29,395,200	34,294,400	39,193,600
	Total Biaya Komponen Sub Assy	2,421,000	4,842,000	7,263,000	9,684,000	12,105,000	14,526,000	16,947,000	19,368,000
	Total Variabel Cost	16,404,007	32,808,014	49,212,021	65,616,027	82,020,034	98,424,041	114,828,048	131,232,055
Fixed Cost	<i>Dies Slide Core</i>	60,800,000	60,800,000	60,800,000	60,800,000	60,800,000	60,800,000	60,800,000	60,800,000
	Biaya Tool CAM	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000	6,000,000
	Biaya Tool Desain & Programming	3,235,770	3,235,770	3,235,770	3,235,770	3,235,770	3,235,770	3,235,770	3,235,770
	biaya <i>Man Power</i> Desain	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000	2,450,000
	Total Fix Cost	72,485,770	72,485,770	72,485,770	72,485,770	72,485,770	72,485,770	72,485,770	72,485,770
Total Fix Cost + Variabel Cost		88,889,777	105,293,784	121,697,791	138,101,797	154,505,804	170,909,811	187,313,818	203,717,825
Perkiraan Biaya produksi / komponen		888,898	526,469	405,659	345,254	309,012	284,850	267,591	254,647

Dari tabel 4.6, dapat dilihat jika PT.A hanya memproduksi 100 komponen saja, biaya produksi menjadi Rp 888,898/komponen. Namun, jika membuat 800 komponen, biaya produksi setiap komponen akan turun menjadi Rp 254,647. Simulasi biaya tetap dan biaya variabel dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Simulasi Biaya Tetap dan Biaya Variabel

4.5 Evaluasi Value Analysis

Evaluasi Value Analysis dilakukan dengan membandingkan value sebelum pengembangan dan setelah pengembangan, berdasarkan atribut *performance* dan *cost*, yang dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Evaluasi Value Analysis

	Sebelum Pengembangan	Setelah Pengembangan
Value	$\frac{\text{Performance}}{\text{Cost}}$ <p>(Rp1,500,000/komponen)</p>	$\frac{\text{Performance} \uparrow}{\text{Cost} \downarrow}$ <p>(Rp 888,898/komponen)</p>

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa value setelah pengembangan akan naik karena biaya setelah pengembangan akan turun daripada biaya sebelum pengembangan, dengan syarat:

- Pembuatan *Cylinder Head spec. Racing* dilakukan di PT. A keseluruhan
- Pembuatan *Cylinder Head spec. Racing* dilakukan 100 pcs/sekali proses
- Perlu penyesuaian ulang dari nilai *Sponsorship* untuk setiap *Team Partner*

Performance setelah pengembangan diprediksi akan jauh lebih baik daripada sebelum pengembangan karena mesin yang digunakan lebih presisi dan proses pembuatan kembali bisa identik. Namun, tetap diperlukan pengujian dan pengetesan lebih lanjut terhadap kualitas produk.

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari keseluruhan penelitian ini, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat ditarik bersama:

- Tidak semua kebutuhan konsumen akan diwujudkan dalam spesifikasi komponen *Cylinder Head spec. racing* karena beberapa tingkat kebutuhannya rendah, atau biaya untuk mewujudkan fungsi tersebut yang mahal. Kebutuhan menampung kompresi tinggi, dan mengurangi permukaan *Camshaft* tidak direalisasikan.
- QFD Fase I, Fase II, dan Fase III berguna untuk mendefinisikan kemungkinan biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk memproduksi *Cylinder Head spec. Racing* ini, yaitu pada pembuatan matriks sumberdaya yang didasarkan pada hubungan kebutuhan konsumen pada QFD 1, dengan *technical respons QFD 3*.
- *Value* spesifikasi sesudah pengembangan lebih tinggi dari pada *value* sebelum pengembangan, dengan syarat proses produksi dilakukan 100 komponen sekaligus karena Untuk memproduksi 100 *Cylinder Head*, proses produksi modifikasi *Cylinder Head* di *In Plant* perusahaan lebih murah dibandingkan *Team Partner* harus membuat sendiri ataupun order di bengkel luar perusahaan. Untuk proses di luar perusahaan dibutuhkan Rp. 1.500.000 setiap komponen, dan untuk di *inplant* hanya membutuhkan Rp 888,898 per *Cylinder Head* .
- Semakin banyak produksi *Cylinder Head* spesifikasi khusus ini, akan semakin mengurangi biaya produksi setiap komponen. Agar biaya per komponen semakin murah, PT. A dapat meningkatkan persediaan *Cylinder Head* bagi *Team Partner*, dengan cara menambah jumlah *Team Partner*, atau menambah jumlah *rider* yang berlaga di *event* balap.

5.2 Saran

Hasil akhir produk belum pernah diujikan, karena menunggu persetujuan untuk pembuatan *Dies*. Namun, beberapa item pada *Technical Response* sudah terapkan pada spesifikasi *Cylinder Head* sementara. Saran penulis adalah melakukan *durability* pengujian terhadap hasil akhir dari komponen *Cylinder Head* ini, kemudian dilakukanlah sebuah evaluasi terhadap performa komponen.

Diperlukan evaluasi nilai sponsorship yang dikeluarkan PT.A untuk membiayai riset *Team Partner*, karena biaya produksi *Cylinder Head* spesifikasi ini yang besar, apalagi biaya riset dari *Team Partner* akan semakin berkurang.

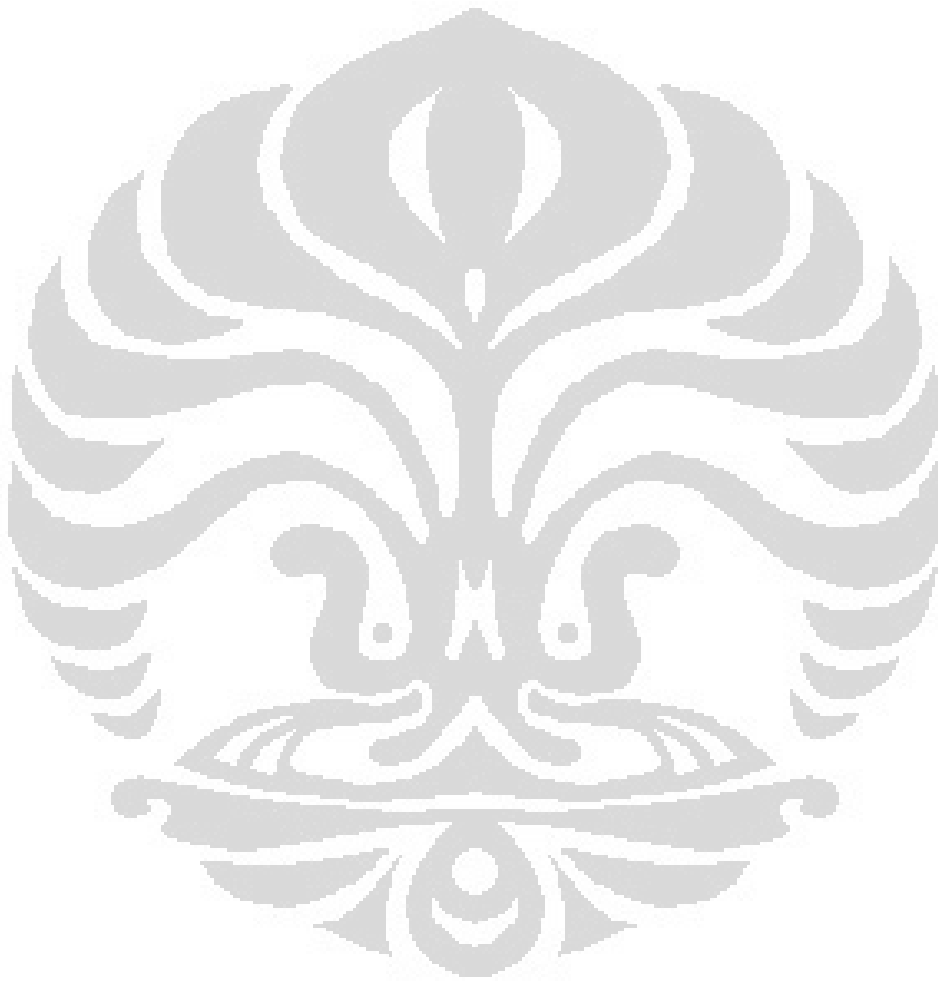


DAFTAR REFERENSI

- Akao Yoji. *QFD: Past, Present, dan Future, International Symposium on QFD*. Chicago, 1997.
- Betrianis & Tania Kristiadi Setiadi. *Pengembangan Produk lemari Pakaian knock Down menggunakan kombinasi Tools Quality Function Deployment dan Value Analisis (QFDVA)*, Depok: Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia, 2004.
- Bonita Alveranga Flavia, Guiseppe Dedini Franco. *Development of System of Alternative Motorization for Conventional Wheelchairs*. Campinas State University, 2005.
- Fasal H John. *Practical Value Analysis*, New York: Hayden, 1972.
- Crawford Merle, di Benetto Anthony. *New Product Management*. New York: McGraw Hill, 2003.
- Kuen Hong Tsai, Chun Yu Yeh, Hsin Chang Lo, Chun Ting Li, Chan Peng Cheng, Guan Liang Chan. *Appllication of Quality Function Deployment in Design of Mobile Assitive Device, Journal of medical dan Biological Engineering*. University of Taiwan, 1993.
- Kai Yang & Basem S, El Haik. *Design for Six Sigma, A Roadmap for Product Development*. Mc Graw Hill, 2003.
- Miles D. Lawrence. *Technique of Value Analysis and Engineering*, New York: Mc Graw Hil Company, 1972.
- Pureza J.M, L.V.O Valentina, Rodrigues .*Data Envelopment Analysis an The Global Performance of a Firm, 19th International Conference of Production Research*, Universidade do Estado de Santa Chatarina, 2002.
- Ramos da Silva, Fabio. *Combined Application of QFD and VA Tools in the Product Design Process, International Journal of Quality & Reliability Management*, Emerald Group Publishing Limited, 2004.
- Ulrich T. Karl & Eppinger Steven. *Perancangan dan Pengembangan Produk*, Jakarta: Salemba Teknika, 2001.

Yumin Lie, Jichao Xu. *Quality Performance Measurement on QFD Model, Quality Engineering Division, Zhengzhou Institute of Aero, P.R China, 2007.*

_____, *Quality Function Deployment, Product Brief Development Tools, Creative Industries Research Institute, AUT University, 2003.*



LAMPIRAN 1

Survei Kebutuhan Konsumen

Part Development & Chassis Dynamometer Lab.

Product Quality Engineering Division

PT. Axxx xxxxx

xxxxxx

Nama :

Nama Team :

Alamat :

Berapa lama waktu yang tim anda lakukan untuk memodifikasi satu *Cylinder Head* ?

1 - 2 hari 3 - 4 hari 5 - 6 hari 8 - 10 hari diatas 10 hari

Berapa besar biaya yang dibutuhkan untuk memodifikasi satu *Cylinder Head* ?

100.000 - 500.000
 500.001 - 1.000.000
 1.000.001 - 1.500.000
 1.500.001 - 2.000.001
 2.000.000 - 2.500.001

Anda memodifikasi sendiri atau *order* tempat lain ?

Modifikasi Sendiri
 Order tempat lain

Sampaikan keluhan anda terhadap komponen *Cylinder Head* ?

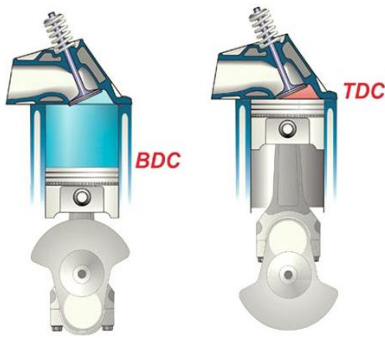
-
-
-
-
-
-
-

Sampaikan usulan anda terhadap komponen *Cylinder Head* yang akan disediakan perusahaan?

-
-
-
-
-
-
-

PENJELASAN KEBUTUHAN KONSUMEN

A1. Bisa Menampung Kompresi Tinggi



Perbandingan kompresi rasio adalah perbandingan volume total silinder saat Piston dalam keadaan BDC (Bottom Death Center) dibanding dengan chamber saat piston dalam keadaan TDC (Top Death Center)

$$\epsilon = \frac{V_s + V_c}{V_c}$$

V_s = Volume silinder saat BDC, V_c = Volume silinder saat TDC

Sehingga, makin kecil ruang V_c terhadap ruang V_s , semakin besar perbandingan kompresinya, makin besar pula tekanan pemampatannya.

Pada motor standard umumnya diambil $E=9 - 10:1$, Pada motor balap, umumnya diambil $E=11 - 13:1$

Tingginya perbandingan kompresi rasio dapat mendukung bertambahnya tekanan kompresi akhir, yang berakibat naiknya suhu pembakaran, sehingga dapat memperbesar tenaga mesin.

Tingkat perbandingan rasio yang dipilih harus disesuaikan dengan bahan bakar yang dipilih

$E=9$ _____ RON *octane* 88 (Premium)

$E=10$ _____ RON *octane* 92 (sekelas dengan Pertamina, Shell Super, dll)

$E=11$ _____ RON *octane* 95(sekelas dengan Pertamina Plus, Petronas Super)

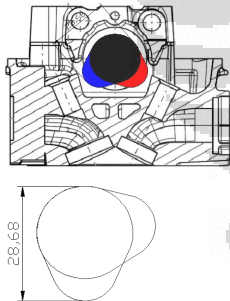
$E=12$ _____ RON *octane* 98 (sekelas dengan Petronas Super Extra)

$E=13$ _____ RON *octane* 105 (sekelas dengan Bensol)

A2. Bisa Menampung Camshaft dengan Lift Tinggi

Camshaft Standard mass-pro

Camshaft Standar Mass-Pro relatif lebih kecil dan memiliki Lift yang lebih rendah daripada Camshaft Racing. Sehingga, Camshaft dapat berputar free dan tidak menabrak dinding Cylinder Head



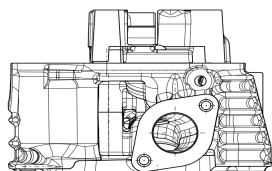
Camshaft Racing

Camshaft Racing yang dipakai umumnya memiliki Lift tinggi, akibatnya Camshaft tidak bisa berputar karena menyentuh dinding Cylinder Head. Camshaft Racing memiliki Lift Tinggi dengan tujuan memperbanyak bahan bakar yang akan masuk ke ruang bakar.



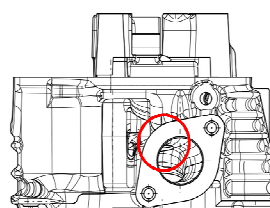
A3. Fleksibilitas Modifikasi Porting

Cylinder Head Mass Pro



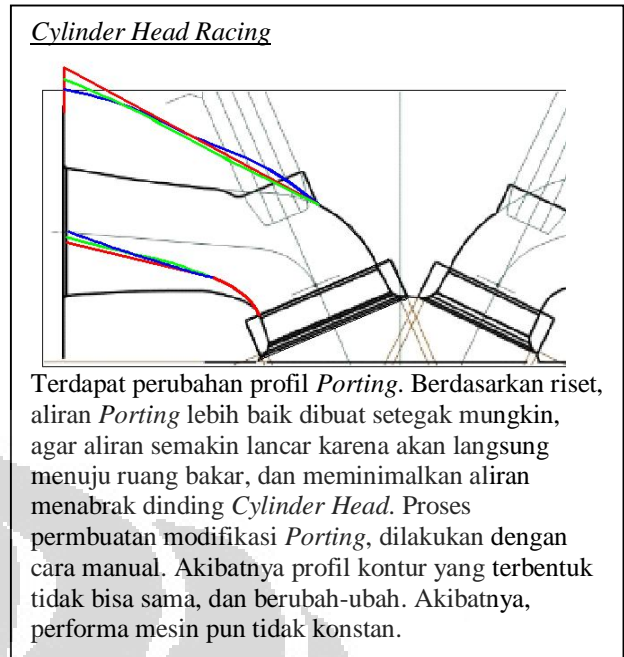
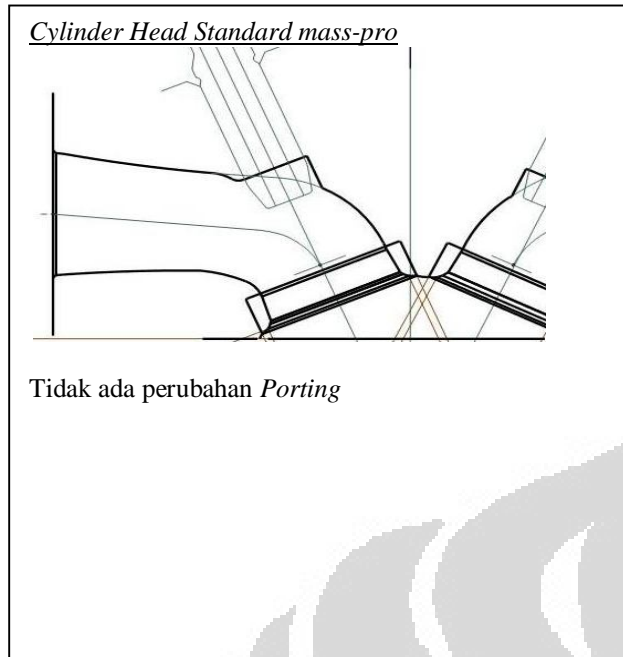
Cylinder Head masih menggunakan Porting standard, tidak ada pergeseran lubang, dll

Cylinder Head Racing

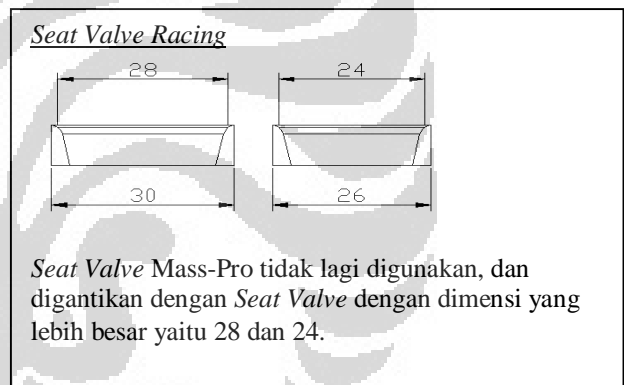
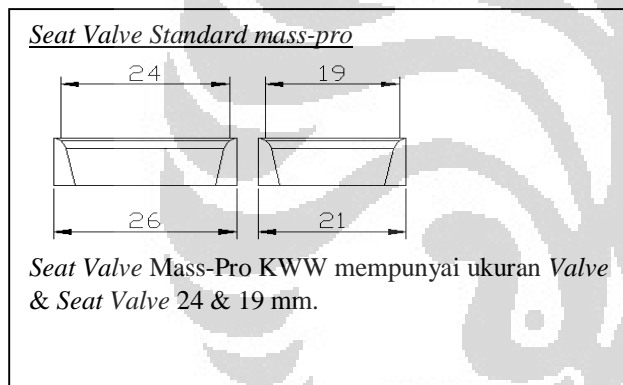


Cylinder Head mengalami perubahan dan pergeseran lubang untuk memaksimalkan aliran Port menuju ruang bakar. Tampak, pada garis merah, jika ingin menggeser lubang, material Aluminium sudah tidak lagi tersedia di Cylinder Head Mass-Pro, Akibatnya, proses Porting tidak fleksibel

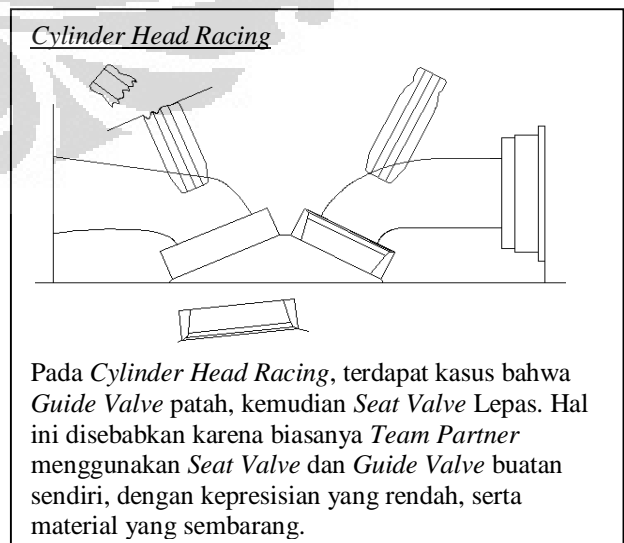
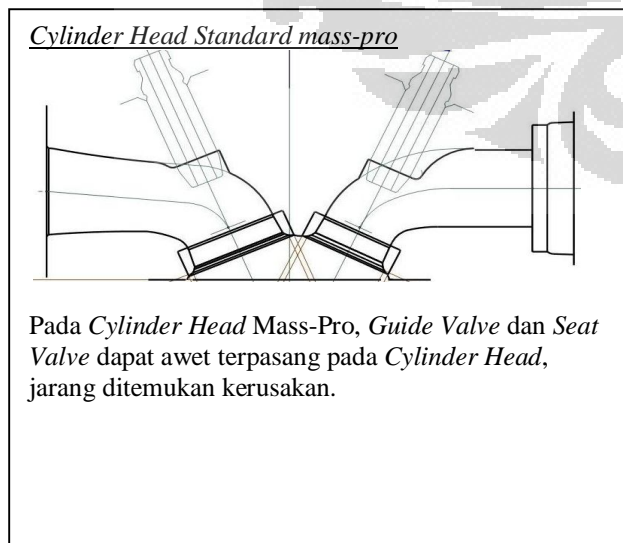
A4. Pembuatan Kembali Identik (*Porting*)



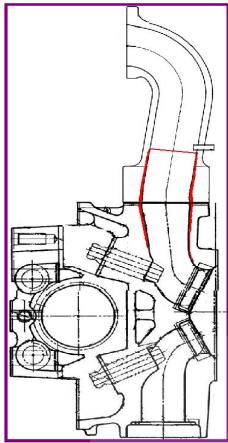
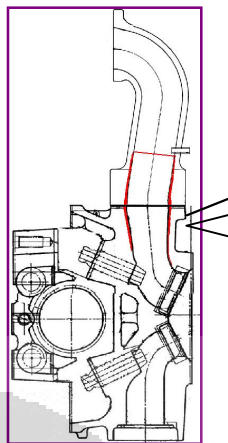
A.5. Menggunakan *Valve* lebih besar



A.6 *Seat Valve* dan *Guide Valve* awet





A.7 Permukaan tidak bocor

<p><i>Cylinder Head Standard mass-pro</i></p>  <p>Jarang terjadi kebocoran antar komponen (kebocoran <i>Vacumm</i>, kebocoran oli) Permukaan memenuhi standar <i>flatness</i> 0,003 mm</p>	<p><i>Cylinder Head Racing</i></p>  <p>Sering Terjadi kebocoran Oli, kebocoran <i>Vacumm</i> yang disebabkan permukaan yang tidak rata (target <i>flatness</i> 0,003 mm tidak tercapai karena <i>Team Partner</i> meratakan dengan Ampelas)</p>
---	---

A.8 Kebocoran di lubang emisi

Lubang Emisi berfungsi untuk menurunkan kadar emisi saat pembungan. Mekanismenya adalah menyemprotkan udara bersih saat pembuangan berlangsung. Pada motor balap, fungsi kadar emisi tidak dipakai karena pada intinya sistem mekanisme lubang Emisi adalah Losses dari tenaga mesin, yang dapat mereduksi tenaga mesin. Di samping itu, pada umumnya batasan Regulasi balap hanya penggunaan bahan bakar non Timbal (Pb)

<p><i>Cylinder Head Standard mass-pro</i></p>  <p>Terdapat Lubang Emisi yang akan tersambung ke Alat Pereduksi Emisi</p>	<p><i>Cylinder Head Racing</i></p>  <p>Lubang Emisi ditutup, karena menjadi Losses mesin</p>
---	--

LAMPIRAN 3

PENENTUAN PRIORITAS KEBUTUHAN

Pilihlah dari kebutuhan paling penting dari kebutuhan kiri dengan kebutuhan di kanan.

Tandai (√) di kolom kotak. Angka 3 bersifat lebih penting dari pada angka 1

Contoh:

	3	2	1		1	2	3	
A.1		√		x				A.2

isian di atas mempunyai arti bahwa Fungsi A.1 mempunyai tingkat kepentingan yang lebih penting dari fungsi A.2, dan diberi nilai 2.

	3	2	1		1	2	3		
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi	A.2
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>	A.3
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				pembuatan kembali identik	A.4
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar	A.5
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet	A.6
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				Permukaan Tidak bocor	A.7
A.1	Menampung kompresi tinggi			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8

	3	2	1		1	2	3		
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi			x				Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>	A.3
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi			x				pembuatan kembali identik	A.4
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi			x				Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar	A.5
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi			x				<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet	A.6
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi			x				Permukaan Tidak bocor	A.7
A.2	Menampung <i>Camshaft Lift</i> tinggi			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8

	3	2	1		1	2	3		
A.3	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>			x				pembuatan kembali identik	A.4
A.4	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>			x				Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar	A.5
A.5	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>			x				<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet	A.6
A.6	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>			x				Permukaan Tidak bocor	A.7
A.7	Fleksibilitas modifikasi <i>porting</i>			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8

	3	2	1		1	2	3		
A.4	Pembuatan kembali identik			x				Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar	A.5
A.4	Pembuatan kembali identik			x				<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet	A.6
A.4	Pembuatan kembali identik			x				Permukaan Tidak bocor	A.7
A.4	Pembuatan kembali identik			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8

	3	2	1		1	2	3		
A.5	Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar			x				<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet	A.6
A.5	Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar			x				Permukaan Tidak bocor	A.7
A.5	Menggunakan <i>Valve</i> lebih besar			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8


	3	2	1		1	2	3		
A.6	<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet			x				Permukaan Tidak bocor	A.7
A.6	<i>Seat Valve & Guide Valve</i> Awet			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8

	3	2	1		1	2	3		
A.7	Permukaan Tidak bocor			x				Lubang emisi tidak bocor/ditutup	A.8

PENJELASAN TEKNIS *TECHNICAL RESPONSE QFD 1*

B.1 Mengurangi Volume Ruang bakar

Cylinder Head Mass Pro



Tidak ada penambahan Material pada *Cylinder Head Mass Pro*. Volume ruang bakar 4,3 cm³.

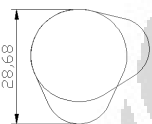
Cylinder Head Racing



Terdapat penambahan material sehingga volume ruang bakar menjadi 3,6 cm³ untuk mengejar target kompresi rasio 12,0 : 1. Menggunakan Simulasi CAD dan *prototype clay*.

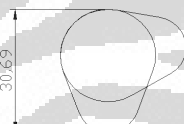
B.2 Lift Camshaft yang terpasang

Camshaft Standard mass-pro



Lebar profil *Camshaft* 29,6 mm, dengan *Valve Lift* 6,5 mm

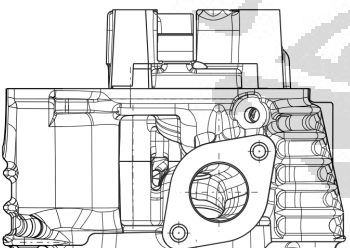
Camshaft Racing



Lebar profil *Camshaft* 30,6 mm, dengan *Valve Lift* 9,5 mm

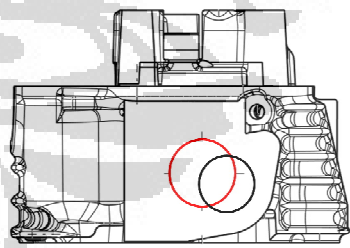
B.3 Luas Area Penampang Port IN

Cylinder Head Mass Pro



Cylinder Head masih menggunakan *Porting* standard, tidak ada pergeseran lubang, dll. Luas Area *Porting* 9,7 mm²

Cylinder Head Racing



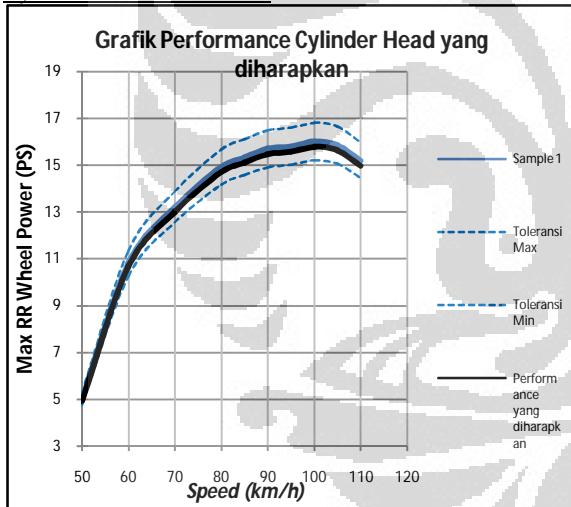
Cylinder Head mengalami perubahan dan pergeseran lubang untuk memaksimalkan aliran Port menuju ruang bakar. Luas Permukaan Port akan diperbesar menjadi 14,2 mm²

B.4 Perbedaan Power

Tenaga sepeda motor diukur menggunakan Chassis Dynamometer. Satuan yang akan keluar adalah satuan usaha, yaitu kW (kiloWatt), atau PS (Horse Power tenaga Kuda), pada setiap kecepatan dari roda belakang. Ilustrasi pengukuran *Chassis Dynamometer* dapat dilihat pada gambar berikut. *Chassis Dynamometer* dapat menjadi alat pengukuran tenaga sepeda motor, efisiensi sepeda motor, verifikasi desain sepeda motor, dll.

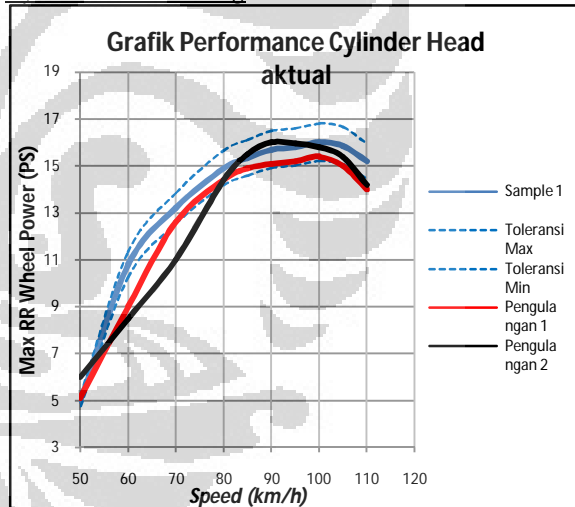


Cylinder Head Mass Pro



Menggunakan *Cylinder Head Mass Pro*, Perbedaan Power masih dalam standard: yaitu $\pm 10\%$, kurva power masih standard, dan masih masih dalam range kurva standard.

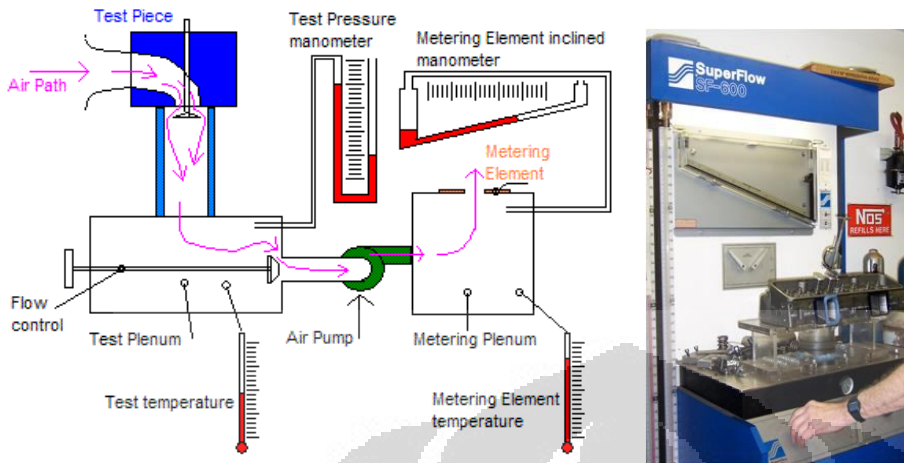
Cylinder Head Racing



Menggunakan *Cylinder Head Racing*, dengan modifikasi *porting* yang tidak bisa seragam, performa sepeda motor akan bervariasi, dan tidak masuk dalam range standardnya. Kurva power juga tidak standard. Setiap pembuatan *Cylinder Head* dengan *porting* manual harus cek satu demi satu untuk verifikasi. Untuk itu, agar performa *Cylinder Head Racing* setara dan pembuatannya kembali baik, harus masuk range $\pm 10\%$ ini.

B.5 Perbedaan Air Port Flow

Air Port Flow adalah istilah dalam pengukuran debit udara yang dipindahkan melalui suatu Port, pipa, atau jalur tertentu. Satuan dari *Air Port Flow* adalah cfm (*cubic feet per minutes*). Pengukuran *Air Port Flow* dapat dilakukan dengan alat yang disebut Flow Bench, dapat dilihat pada gambar berikut:



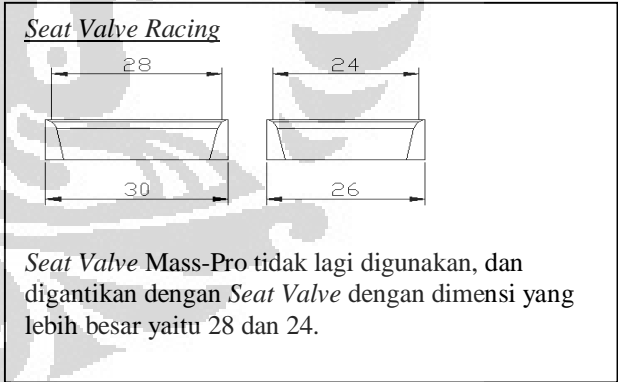
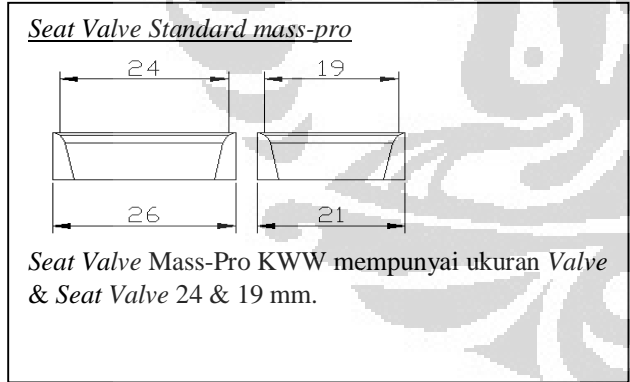
Perbedaan Standard mass-pro

Pada *Cylinder Head Mass Pro*, toleransi perbedaan yang diijinkan setiap Port *Cylinder Head* adalah ± 2 cfm. Karena menggunakan cetakan *Dies*, umumnya, toleransi ini mudah untuk tercapai

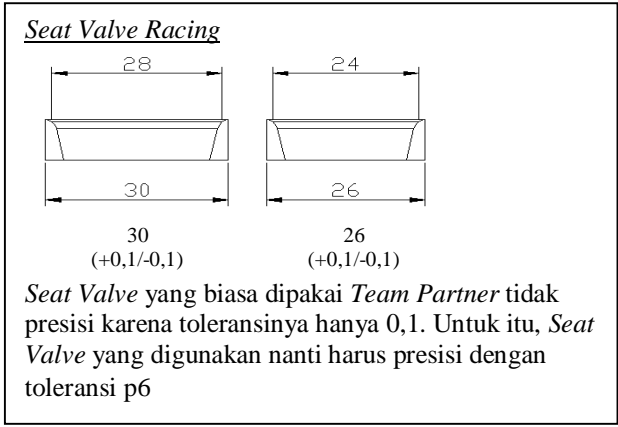
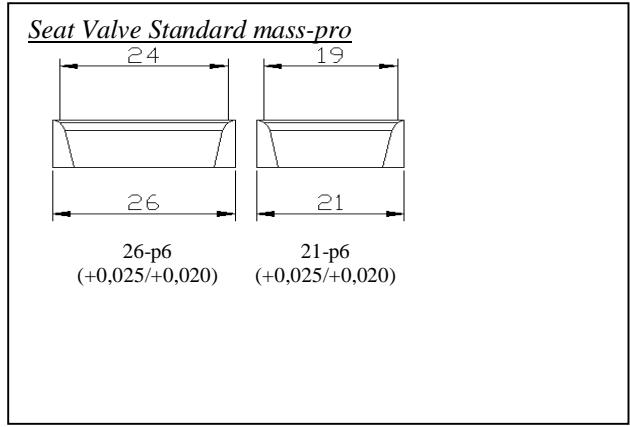
Perbedaan Air Port Flow Racing

Pada *Cylinder Head Racing*, setiap *Cylinder Head* yang terukur memiliki *Air Port Flow* yang beragam, padahal si *designer* menginginkan yang sama. Toleransi yang diijinkan biasanya ± 4 cfm. Akibatnya performa mesin tidak stabil dalam setiap *Cylinder Head* yang dihasilkan. Untuk itu, perbedaan *Air Port Flow* harus bisa masuk toleransi ± 2 cfm agar performa mesin stabil

B.6 Dimensi Valve IN dan Valve EX

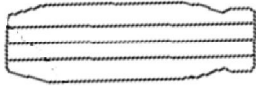


B.7 Kepresisian Seat Valve



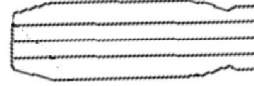
B.8 Kepresisian *Guide Valve*

Guide Valve Standard mass-pro



Toleransi *Guide Valve* 10 p6 (+0,020/ +0,015)

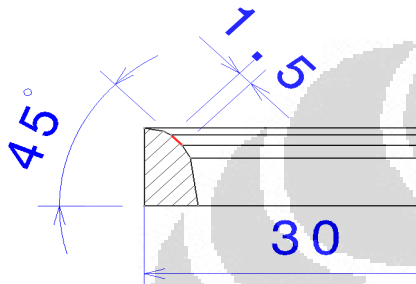
Guide Valve Racing



Toleransi *Guide Valve* 10 p6 (+0,1/ -0,1)
Kare Keterbatasan manufaktur, *Team Partner* hanya mampu membuat *Guide Valve* dengan toleransi 0,1. Untuk itu, dalam pengembangan *Cylinder Head* ini, *Guide Valve* harus presisi menggunakan toleransi p6.

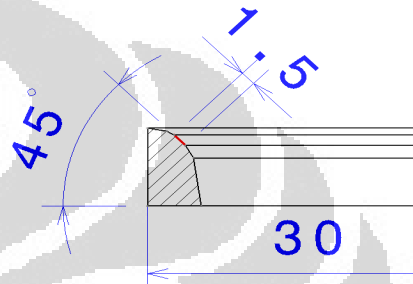
B.9 Kekasaran Permukaan 45derajat

Seat Valve Standard mass-pro



Kekasaran Permukaan 45derajat= N6 (0,8 μ m), sehingga tidak memungkinkan adanya kebocoran kompresi. Bidang tersebut sangat penting karena menjadi bidang buka tutup *Valve* pada ruang bakar

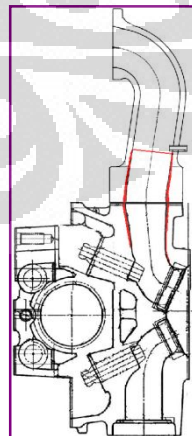
Seat Valve Racing



Kekasaran Permukaan 45derajat= N8 (1,5 μ m), awalnya mungkin tidak bocor, namun lama kelamaan permukaan menjadi bocor dan tidak awet, sehingga mudah untuk terjadi kebocoran. Untuk itu, *Seat Valve Racing* sebaiknya menggunakan toleransi 0,8 μ m

B.10 Kebocoran Permukaan

Kebocoran permukaan diukur menggunakan alat yang bernama Leak Tester. Sistem pengukurannya menggunakan pengukuran tekanan udara yang dimampatkan. Jikalau terjadi kebocoran, Mesin akan member informasi Alarm dan seberapa besar tingkat kebocoran. Agar tidak bocor, tingkat kebocoran = 0 leak. Pada pengetesan *Cylinder Head Racing* modifikasi *Team Partner*, semuanya mengalami kebocoran. Hal ini disebabkan oleh permukaan yang tidak benar-benar rata (seharusnya 0,8 μ m), dan kerataan 0,003. Apalagi biasanya mereka menambahkan proses Amplas manual.



B.11 Kebocoran Lubang Emisi

Cylinder Head Standard mass-pro

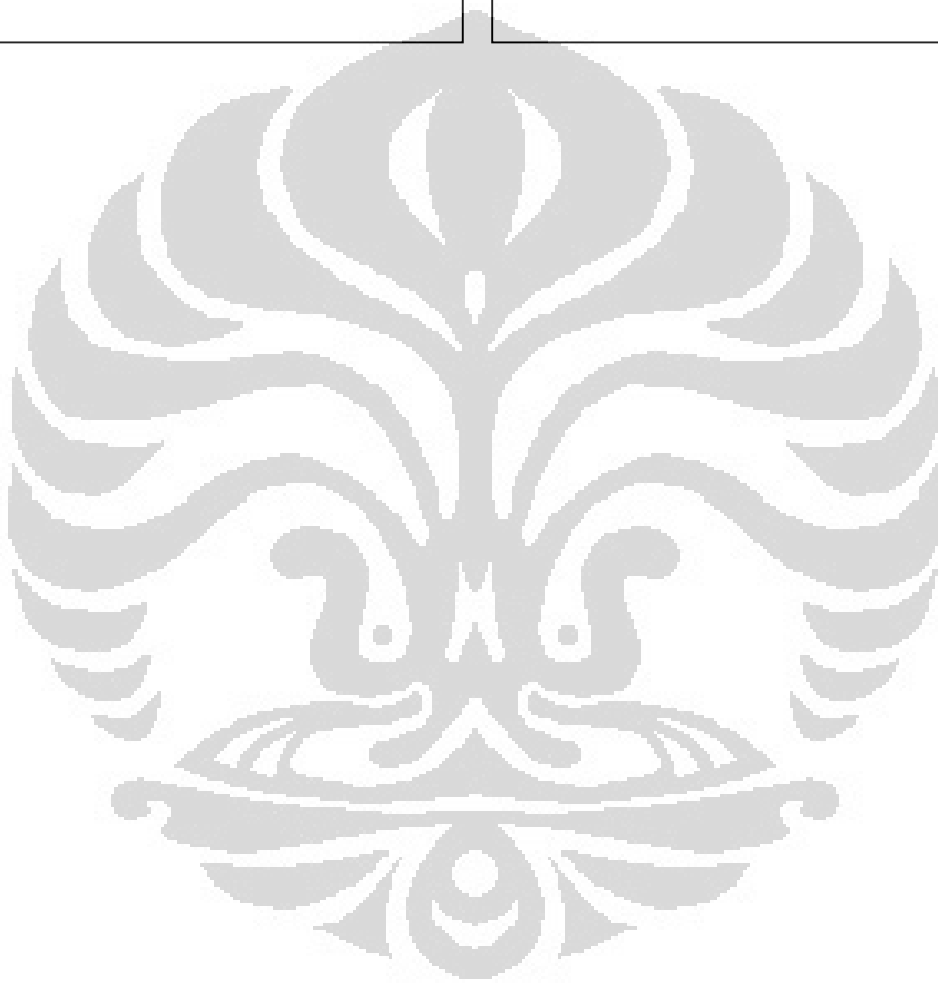


Terdapat Lubang Emisi yang akan tersambung ke Alat Pereduksi Emisi

Cylinder Head Racing



Lubang Emisi ditutup, karena menjadi Losses mesin. Setelah diukur di *Leak Tester* harus menjadi 0 Leak Tester.



PENJELASAN *TECHNICAL RESPONSE QFD 2*

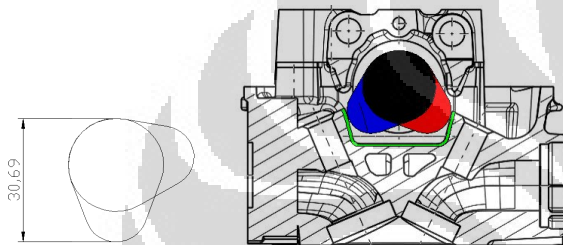
C.1 Menambah Material di permukaan Cekungan

Cylinder Head Racing



Untuk mencapai target volume 3,6 cm³, ketebalan permukaan harus ditambah 1 mm. Angka didapat dari simulasi di CAD

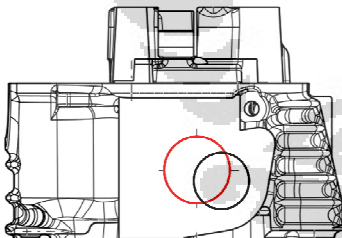
C.2 Pengurangan permukaan Ruang *Camshaft*



Untuk mencapai target menampung *Camshaft* dengan *Lift* 9,5 mm, maka dinding perlu dikurangi 1 mm (lihat warna hijau pada gambar)

C.3 Luas Area Penampang Port IN

Cylinder Head Racing



Cylinder Head mengalami perubahan dan pergeseran lubang untuk memaksimalkan aliran Port menuju ruang bakar. Luas Permukaan Port akan diperbesar menjadi 14,2 mm²

C.4 Proses Manufaktur tanpa Las

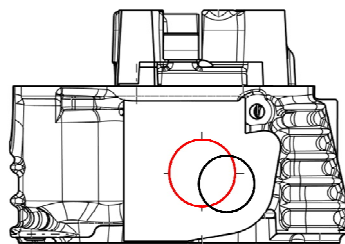
Cylinder Head Racing modifikasi Team Partner



Team Partner biasa menambah permukaan Port dengan las akibatnya:

- Terdapat *crack* pada sambungan material
- Material sebelum Las keras, namun setelah las justru semakin lunak
- Kerataan permukaan

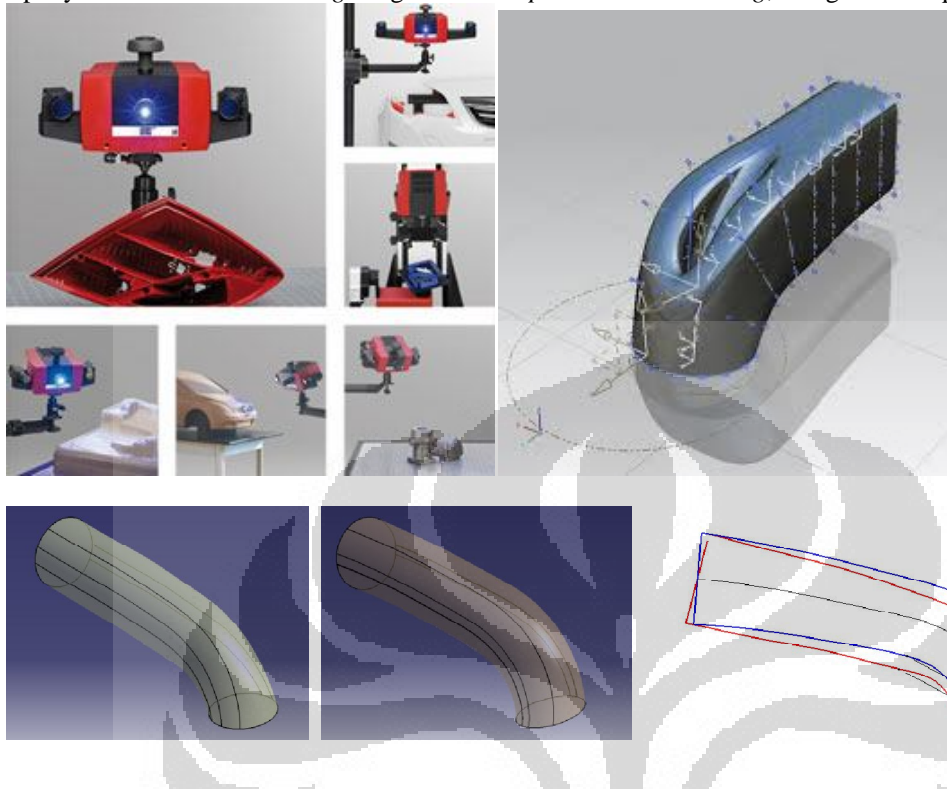
Cylinder Head Racing pengembangan



Penambahan material tidak boleh menggunakan Las, namun dengan memodifikasi *Dies*.

C.5 Perbedaan *Scan 3D Contour Porting*

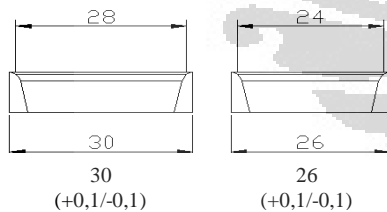
Countur dari *Porting* dapat direkam melauai *Scanning 3D*. Alat *Scanning* menggunakan banyak cara, namun yang dipunyai PT. A adalah *scanning* dengan sistem *Optical Photoscrenning*, mengandalkan pantulan cahaya laser.



Kedua jenis Port, secara kasat mata sama, namun setelah dideteksi menggunakan *3D Scanning*, dan dianalisa selisih konturnya, ternyata terdapat perbedaan jarak terbesar 4,61 mm. Hal ini lah yang menyebabkan perbedaan performa komponen.
Diharapkan, perbedaan kontur ini diperkecil sampai menjadi 0,1 mm (dengan pertimbangan toleransi terkecil yang mampu dimiliki mesin CNC kontur di AHM adalah 0,05)

C.6 Penggunaan *Seat Valve Mass Pro 28 dan 24* (diambil dari tipe KWC)

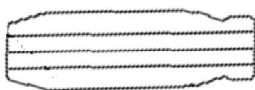
Seat Valve Racing



Karena adanya tuntutan kepresisian, maka *Seat Valve* menggunakan *Seat Valve Mass Pro* tipe KWC (28 dan 24).

C.7 Penggunaan *Guide Valve Mass Pro*

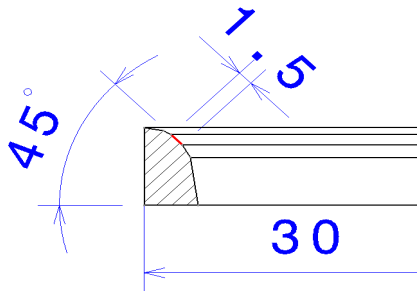
Guide Valve Standard mass-pro



Karena adanya tuntutan kepresisian, dan kekerasan material, dipilihlah *Guide Valve* MWB mass=Pro yang memiliki Toleransi *Guide Valve* 10 p6 (+0,020/ +0,015)

C.8 Kekasaran Permukaan *Chamfering*

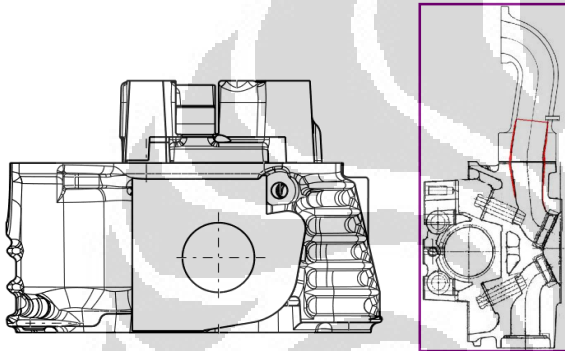
Seat Valve Standard mass-pro



Kekasaran Permukaan 45derajat= N6 (0,8 μ m), sehingga tidak memungkinkan adanya kebocoran kompresi. Bidang tersebut sangat penting karena menjadi bidang buka tutup *Valve* pada ruang bakar

C.9 Kekasaran Permukaan agar tidak terjadi kebocoran Oli dan *Vacumm*

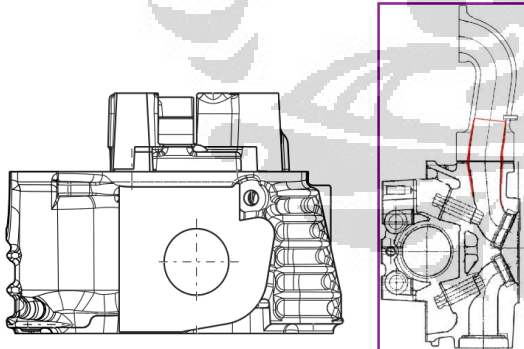
Seat Valve Standard mass-pro



Kekasaran Permukaan 45derajat harus memenuhi Ra 0,8 μ m

C.10 Kerataan Permukaan

Seat Valve Standard mass-pro



Kerataan permukaan harus memenuhi 0,003mm agar tidak terjadi kebocoran

C.11 Kebocoran Lubang Emisi

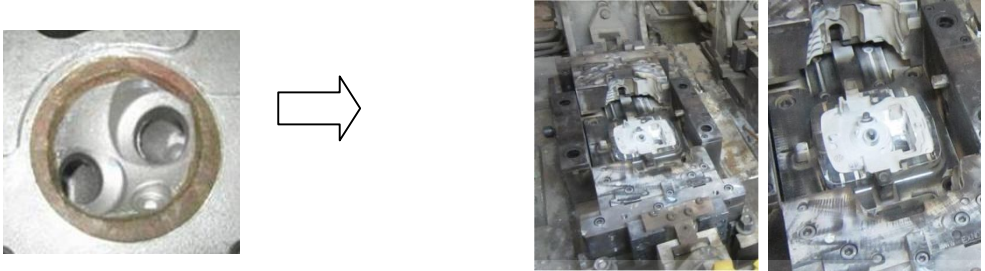
Cylinder Head Racing



Lubang Emisi ditutup, karena menjadi Losses mesin.

PENJELASAN *TECHNICAL RESPONSE QFD 3*

D.1 Membuat Main *Mold* Baru



The image shows a technical drawing of a circular mold cavity on the left, with an arrow pointing to two photographs of the physical mold assembly on the right. The photographs show the internal components of the mold, including the main mold and a sand core.

Untuk menambah permukaan pada ruang bakar, tidak perlu membuat Des secara keseluruhan, namun hanya membuat *Dies Main Mold* Baru (*Dies* bagian dasaraan bawah)

D.2 Membuat *Dies Sand Core Camshaft* baru




The image shows a technical drawing of a camshaft die on the left, with an arrow pointing to two photographs of the physical sand core camshaft dies on the right. The photographs show the dies in a tray and a close-up of the sand core.

Untuk menampung kebutuhan penggunaan *Camshaft* dengan *Lift* tinggi, maka perlu membuat cetakan *Dies Sand Core Camshaft* yang baru

D.3 Penambahan material *Core Camshaft*

Cylinder Head Racing

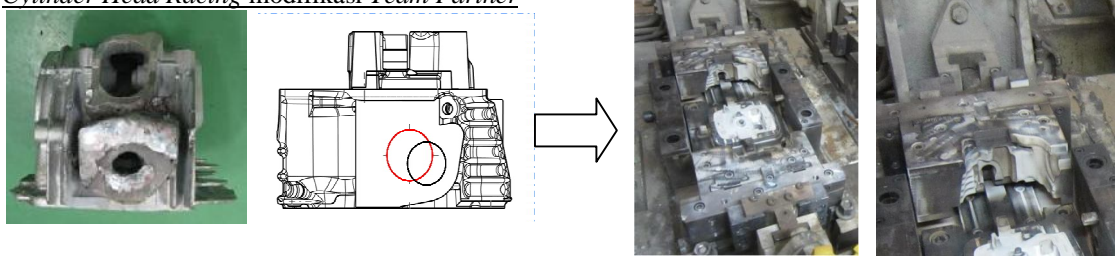


The image shows a photograph of a tray filled with yellow sand core material.

Karen terdapat pengurangan dinding *Cylinder Head* untuk *Camshaft*, maka *Sand Core* untuk *Camshaft* harus lebih besar, sehingga dibutuhkan tambahan material sand *Core*, perkiraan dari awalnya 0,5 kg menjadi 0,55 kg per cetakan.

D.4 Membuat *Dies Slide Core* baru

Cylinder Head Racing modifikasi *Team Partner*



The image shows a technical drawing of a sliding core die on the left, with an arrow pointing to two photographs of the physical die on the right. The photographs show the die in a tray and a close-up of the sliding core.

Karena terdapat kebutuhan penambahan material di penampang Port IN, tidak perlu membuat total *Dies Cylinder Head*, namun hanya perlu membuat baru bagian *Sliding Core* saja yang membentuk bagian tersebut

D.5 Kenaikan Biaya Produksi (akibat tidak menggunakan sistem las)

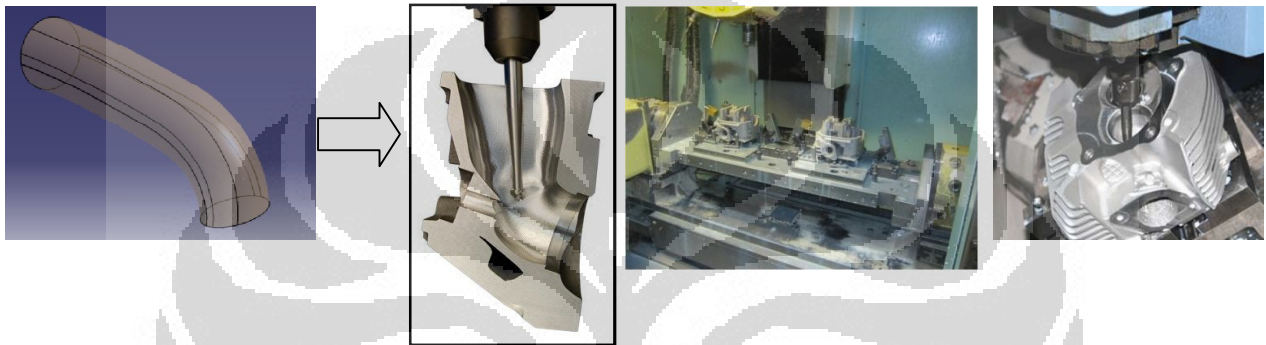
Karena terdapat kebutuhan tidak boleh penambahan material las, tentu akan terjadi kenaikan biaya produksi:

- Jumlah material aluminium 1,2 kg menjadi 1,35 kg
- Waktu cetak menjadi lebih lama (hubungan sama biaya mesin, dan biaya man power) 0,5 menjadi 0,6menit
- Setting slide *Core* 300 menit oleh 2 teknisi

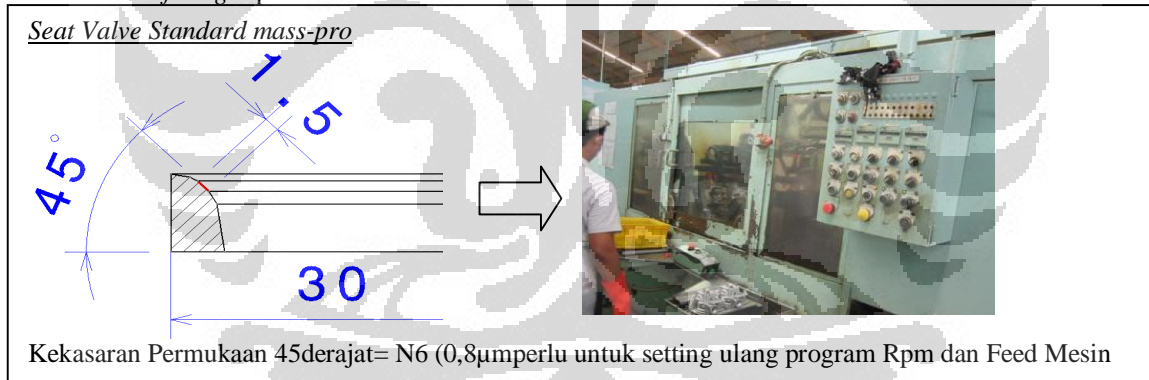
D.6 CAM (Coputerized Aided Manufacturing)

CAM adalah suatu sistem permesinan yang berdasarkan komputerisasi, dimana pergerakan mesin digerakkan dan dikendalikan oleh suatu program. Modal dasarnya adalah sebuah mesin CNC, program mesin CDN, Gambar 3D benda kerja, dan Software CAM yang dapat mengubah Gambar 3D menjadi program permesinan.

Jika pada biasanya, *Team Partner* menggunakan sistem manual untuk *Porting*, maka sekarang digunakanlah CNC *Porting*. Kelebihannya adalah: *repeatability*, *precision*, dan *fine Roughness*. Data awal berasal dari data *Scan 3D Porting*, kemudian diolah menjadi program permesinan. Sebenarnya teknologi ini sudah diaplikasikan lebih dahulu di Amerika, Eropa, dan Jepang untu membuat *Customized Engine*. Namun, di Indonesia, CNC *Porting* ini belum ada yang menerapkan, karena mahalnya ongkos manufakturnya.

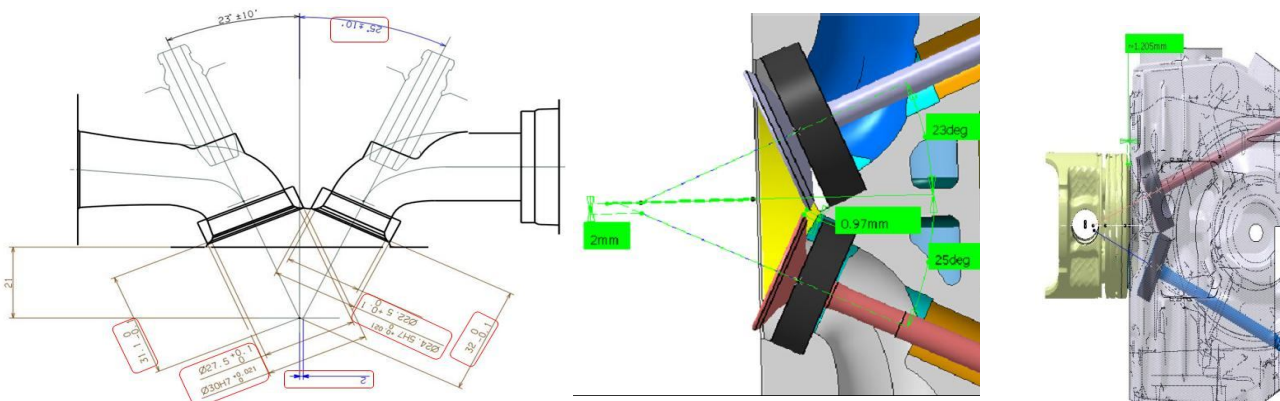


D.7 Proses Chamfering diperlambat

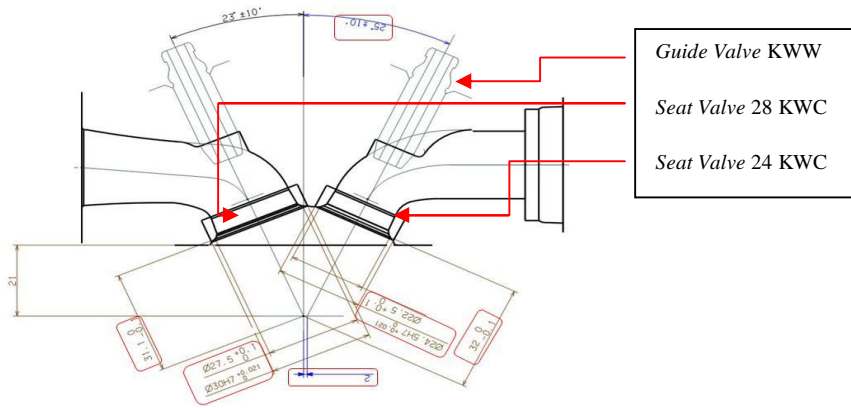


D.8 Simulasi Sudut Valve di CAD

Karena menggunakan *Seat Valve* yang lebih besar, maka diperlukan simulai di CAD untuk melihat kemungkinan kegagalan fungsi *Cylinder Head*. Yang perlu diubah adalah sudut *Valve*, pergeseran sudut *Valve*, simulasi *Overlap Valve*.



D.9 Assembling Seat Valve KWC dan Guide Valve KWW



D.10 Edit Program CNC 1 (Rpm & Feed)



D.11 Edit program CNC 2 (menghilangkan proses lubang emisi)

