

POLY/IEDIA

No. 3 / Thn. XIX / Oktober 2012



Susunan Pengurus Majalah
POLIMEDIA
POLITEKNIK NEGERI MANADO

Pelindung :
Ir. Jemmy J. Rangan, MT.
J. Makapedua, SE., MTDev.

Pemimpin Redaksi /
Penanggung Jawab :
Dra. Rolina Manggopa, MPd.

Wakil Pemimpin Redaksi :
Syane Pangemanan, ST., MEng.

Penyunting :
Djibrael Djawa, SE., M.Int.Hot.Mgt.
Laurens Ponggohong, SE, MSi
Decky Mundung, SE, MM.
Ir. Enteng J. Saerang, MT.
Francie Petrus, ST, MT.
Ir. Dirk J. Ombuh, MT.
Mycele M. Wala, ST.

Sekretariat :
Julien Rengkuan
Fientje Sarayar

Penerbit :
POLITEKNIK NEGERI MANADO

Alamat Redaksi :
Kampus Politeknik Negeri Manado
Desa Buha – Manado 95252
Telp. (0431) 812022, 811245
Fax. (0431) 811568
E-mail : Polimediapbt@yahoo.com

Edisi No. 3 tahun 2012 ini, berisi karya tulis dan penelitian yang dibuat oleh dosen Politeknik Negeri Manado.

Di majalah ini berisi tulisan dari dosen-dosen akuntansi, administrasi bisnis, teknik mesin, dan teknik elektro.

Untuk cover yang digunakan adalah kegiatan "Sharing Knowledge" staf Perpustakaan Politeknik Negeri Manado kunjungan ke Pulau Jawa.

Semoga tulisan karya ilmiah yang dimuat dapat bermanfaat bagi pembaca sekalian dan menjadi masukan dan pembanding dalam melakukan penulisan/penelitian yang selanjutnya.

Redaksi

DAFTAR ISI

PEMODELAN 3 DIMENSI DAN ANALISIS MODEL MOTOR BAKAR DIESEL SEBAGAI ACUAN DALAM PERANCANGAN MOTOR BAKAR BERBAHAN BAKAR MINYAK NABATI .. <i>Alfred N. Mekel & Jedithtjah N. T. Papia</i>	1
KAJIAN PROGRAM NASIONAL PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MANDIRI PERKOTAAN (PNPM-MP) DI KECAMATAN MAPANGET KOTA MANADO <i>Ismail Mokodompit</i>	15
KEBIJAKAN AKRUAL, ASIMETRI INFORMASI, MANAJEMEN LABA DAN TINGKAT PENGUNGKAPAN LAPORAN KEUANGAN <i>Joseph Nugraha Tangon</i>	25
PENGUJIAN KEDATARAN PADA MESIN GERINDA DATAR <i>Priyono</i>	35
STUDI TEKNOLOGI PEMBUATAN BAHAN PENGAWET IKAN DARI LIMBAH KULIT KAYU CAMPAKA <i>Errol Sumolang</i>	45
ANALISIS PENGARUH PENGELASAN METAL ACTIVE GAS WELDING (MAG) DAN MANUAL METAL ARC WELDING (MMAW) TERHADAP KEKUATAN TARIK PELAT BAJA KARBON RENDAH <i>Nodi Poluan Sompie</i>	59
KARAKTERISASI SERAT DAUN "RZ" (<i>SANSEVIERIA TRIFASCIATA PRAIN</i>) SEBAGAI ALTERNATIF MATERIAL PENGUAT KOMPOSIT BERBASIS SERAT ALAM <i>Imran S. Musanif</i>	73

PEMODELAN 3 DIMENSI DAN ANALISIS MODEL MOTOR BAKAR DIESEL SEBAGAI ACUAN DALAM PERANCANGAN MOTOR BAKAR BERBAHAN BAKAR MINYAK NABATI

Alfred N. Mekel
Jedithtjah N. T. Papia

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado
No Hp: 085240153509

Abstrak; Salah satu aktivitas dalam perancangan ulang motor bakar diesel satu silinder adalah dengan memodelkan suatu obyek. Dalam penelitian ini yang menjadi obyek yang dirancang ulang adalah motor bakar diesel merek Kromhout, pemodelan ini dititik beratkan pada komponen-komponen utama yang berhubungan dengan crankdrive mechanism saja. Dengan pemodelan ini diharapkan didapatkan ukuran nominal tiap komponen. Tahapan dalam pemodelan ini meliputi : penggalian informasi, pemodelan komponen, pemodelan rakitan, analisis model rakitan. Untuk mengenal motor bakar diesel ini, beberapa aktivitas yang berkaitan dengan dengan penggalian informasi dilakukan diantaranya dengan mengidentifikasi fungsi, komponen, dan fitur utama. Berdasarkan pada hasil identifikasi ini, maka proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan beberapa alat ukur. Dalam penelitian ini digunakan 3 metode pengukuran, yakni metode pengukuran konvensional, metode koordinat dengan komputer (Computer Measurement Machine), dan pemindai tiga dimensi (3D scanning). Pemodelan dilakukan dengan menggunakan salah satu program aplikasi CAD dalam hal ini PRO/Eng Wildfire 4.0. Beberapa fasilitas yang tersedia dalam program aplikasi ini dapat digunakan untuk memodelkan komponen, perakitan dan sampai ke analisis rakitan. Analisis rakitan dilakukan agar didapatkan model rakitan 3D yang bebas dari interference dan collision, sehingga pada akhirnya diperoleh model 3D dengan ukuran nominal dan siap dituangkan ke dalam gambar teknik 2D.

Kata Kunci ; Pemodelan, Interference, Collision

Pendahuluan

Motor bakar diesel merupakan penggerak mula yang banyak digunakan pada berbagai macam bidang kegiatan, sehingga kebutuhan akan motor bakar ini semakin meningkat dari waktu ke waktu. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan industri-industri manufaktur motor bakar diesel di Indonesia yang dapat menghasilkan mesin dan komponen dengan kualitas yang baik dan dalam jumlah yang diinginkan.

Hingga saat ini, di Indonesia ada beberapa produsen lokal yang telah dapat membuat motor bakar diesel, seperti perusahaan manufaktur X (Neva), Y (Rusnas) dan Z (Boneo) misalnya. Namun perusahaan tersebut belum dapat berkembang sesuai dengan yang diharapkan, karena berbagai kendala sehubungan dengan produk yang dihasilkan. Masalah utama yang dihadapi perusahaan tersebut adalah produk yang dihasilkan memiliki kualitas

fungsional yang tidak seragam dari satu produk ke produk yang lain (disparitas kualitas fungsional yang cukup lebar), serta sifat mampu tukar komponen yang rendah.

Rendahnya kualitas dan sifat mampu tukar komponen, dapat disebabkan oleh berbagai hal, salah satunya diakibatkan oleh kualitas geometrik komponen mesin yang tidak sesuai. Kualitas geometrik komponen sudah harus dipertimbangkan mulai pada tahap perancangan, dikontrol pada tahap pembuatan dan perakitan maupun pada tahap uji coba.

Menurut Taufiq Rochim, kualitas bukan merupakan merek dagang yang dapat ditempelkan setelah produk tersebut selesai dibuat, akan tetapi kualitas harus dipertimbangkan mulai dari tahap perancangan hingga tahap pembuatan sampai produk dirakit dan diujicobakan. Kualitas produk merupakan karakteristik performa (karakteristik fungsional) dari suatu produk. Karakteristik performa diantaranya ditentukan oleh karakteristik bahan dan kekuatan serta karakteristik geometrik (komponen) produk. Jika karakteristik bahan dan kekuatan diasumsikan memenuhi syarat, maka karakteristik geometrik komponen menjadi titik sentral yang perlu mendapat perhatian mulai dari perancangan, pembuatan, perakitan dan uji coba.

Pemodelan

Model didefinisikan sebagai suatu representasi atau perwakilan dari suatu masalah dalam bentuk yang lebih sederhana dan mudah dikerjakan [Yatna Yuwana, 1998]. Model adalah sistem yang mewakili sistem nyata, dengan kata lain model

mewakili suatu masalah nyata kedalam bentuk lebih sederhana dan mudah dikerjakan. Dalam kehidupan sehari-hari kita seringkali menjumpai masalah besar dan rumit yang sukar dipecahkan secara langsung. Model disini berperan dalam usaha memahami dan menyelesaikan masalah tersebut.

Model dibuat berdasarkan apa yang telah diketahui, sehingga belum tentu semua variabel dan gejala yang ada terwakili. Tetapi dalam membuat model diusahakan sebagian besar dari sifat itu ada. Model juga dibuat supaya mempunyai sifat yang lebih sederhana dibanding obyek yang dimodelkan, sehingga lebih mudah dikerjakan. Semakin banyak variabel dan gejala yang dimasukkan kedalam suatu model semakin dekat model tersebut dengan kondisi sebenarnya, tapi model tersebut makin rumit dan makin sulit dibuat. Suatu model yang baik diharapkan mempunyai variabel dan sifat yang sangat dibutuhkan tetapi tetap menunjukkan pemecahan yang sederhana.

Desain suatu model memerlukan suatu metoda pemodelan yang sesuai. Suatu metoda adalah suatu prosedur untuk memecahkan suatu masalah. Umumnya dikenal tiga jenis model, yaitu:

1. Model Ikonis
2. Model Analog
3. Model Simbolis atau Matematika

Model ikonis adalah model yang berbentuk benda tiruan atau gambar dari masalah yang sebenarnya. Model ini umumnya dibuat dengan skala diperbesar atau diperkecil. Sebagai contoh adalah model atom, maket, model pesawat dan sebagainya.

Dalam model analog, masalah yang dihadapi diterjemahkan/dianalogikan ke dalam bentuk yang lebih efisien dan efektif, dimana pada bentuk baru itu sifat dan kelakuan benda sebenarnya tetap dimiliki. Misalnya masalah hidrolis dapat dianalogikan ke rangkaian listrik, masalah kependudukan dianalogikan dalam bentuk grafik, dan lain-lain.

Model simbolis juga tidak menunjukkan benda/masalah yang sesungguhnya tetapi mengutamakan kelakuan dan/atau persamaan matematikanya [Yatna Yuwana, 1998]. Model ikonik, analog, dan simbolik paling umum dipakai untuk memodelkan kondisi nyata.

Model tidak harus dibuat hanya berdasarkan model-model diatas tetapi dapat juga dibuat model gabungan, misal model analog dan model matematik/logis, model statik dan linear. Suatu contoh bentuk metoda pemodelan gabungan ini adalah Pemodelan Berorientasi Obyek (*Object Oriented Modelling*). Pemodelan berorientasi obyek dianggap paling sesuai untuk pemodelan. Sifat-sifat penting yang dimiliki oleh metoda pemodelan berorientasi obyek adalah sebagai berikut:

1. Pola pikir yang alami
2. Terdiri dari obyek dapat dipakai kembali
3. Mampu untuk kompleksitas obyek yg tinggi
4. Perancangan dan modifikasi yang mudah

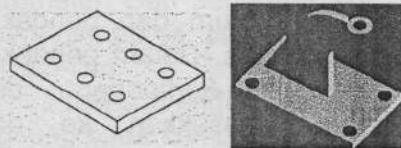
Kegiatan pemodelan adalah virtualisasi obyek nyata kedalam bentuk perangkat lunak atau komputer. Oleh karena itu pemodelan yang baik akan memberikan sifat obyek virtual yang mendekati obyek

nyata. Dengan demikian informasi/data yang diperoleh dari pemodelan akan lebih sesuai apabila diproses dengan sistem yang mempunyai kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent*).

Terdapat perubahan paradigma pemikiran integrasi sistem produksi. Jika pada masa lalu, pengintegrasian sistem produksi lebih ditekankan pada pembuatan basis data yang kuat, tetapi pada saat ini istilah pemodelan lebih tepat digunakan menggantikan istilah pembuatan basis data [Yatna Yuwana, 1998]. Biasanya untuk memodelkan sistem agar dapat disimulasikan dalam komputer, digunakan pendekatan-pendekatan pemodelan. Seperti misalnya untuk memodelkan sistem manufaktur dapat digunakan pemodelan matematik dan pemodelan berorientasi obyek. Kedua metoda pemodelan ini sama-sama memanfaatkan pemakaian komputer dibidang manufaktur.

Pemodelan Solid 3D

Pemodelan *solid 3D* dipakai untuk memodelkan sebuah bentuk yang memiliki volume tertutup yang disebut *solid*. Pemodelan *solid 3D* merupakan solusi masalah-masalah dalam perancangan dan manufaktur. Pemodelan *solid* merupakan implementasi teknologi untuk membantu perancangan dan manufaktur. [Ibrahim Zeid, 1991]



Gambar 1. Contoh pemodelan solid

Keuntungan dari pemodelan solid, diantaranya :

1. Membantu dalam melakukan analisis interference, perhitungan massa jenis, finite element.
2. Menyimpan banyak informasi (geometri dan topologi) dibandingkan dengan pemodelan *wireframe* atau *surface* (hanya geometri saja).
3. Pemodelan solid memiliki kemampuan mengetahui posisi dan orientasi ruang dibandingkan dengan pemodelan *wireframe* dan *surface*.

Keterbatasan pemodelan solid :

1. Tidak dapat dengan otomatis menghasilkan model lain dari definisi solid dan juga tidak dapat secara otomatis menggunakan data yang dihasilkan oleh model lain untuk membuat sebuah solid.
2. Tidak dapat memproduksi skala-besar
3. Proses *rendering* dan perhitungannya lemah

Pemodelan rakitan

Perakitan ada tiga pendekatan: *bottom-up*, *top-down*, atau kombinasi keduanya. Masing-masing pendekatan memiliki kelebihan dan kekurangan.

Pendekatan *bottom-up*

Pendekatan *bottom-up* adalah yang paling umum dan pendekatan yang paling logis. Dalam pendekatan ini, komponen-komponen dibuat tersendiri, dimasukkan ke dalam perakitan, dan menggunakan kondisi keberpasangan (*mating condition*) untuk memposisikan dan mengarahkan komponen-komponen tersebut kedalam rakitan

sebagaimana yang disyaratkan dalam disain rakitan.

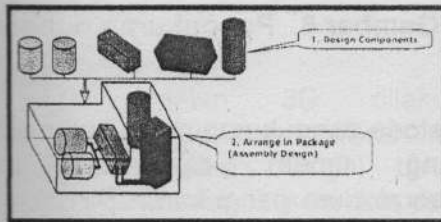
Proses Pemodelan rakitan itu sendiri dimulai dengan membuat model rakitan kosong (*file*) dengan menggunakan mode perakitan (*assembly mode*) dari sebuah sistem CAD. Komponen rakitan diimpor (dimasukkan) ke dalam model ini satu per satu. Bagian pertama yang dimasukkan dikenal sebagai *base part* atau *host*. Selanjutnya komponen yang lain akan diposisikan dan diarahkan dengan benar terhadap komponen atau sub rakitan yang lain sehingga menjadi suatu rangkaian yang dianggap benar.

Ketika komponen dimasukan ke dalam rakitan itu, berarti kita memasukkan salinan dari bagian-bagian tersebut. Kita dapat menggunakan beberapa kali salinan komponen tersebut jika diperlukan dalam rakitan. Perangkat lunak CAD mempertahankan *link* antara setiap salinan dan komponen aslinya. Jika kita mengubah komponen yang asli, kita dapat mengubah semua salinan dalam sebuah perakitan hanya dengan memperbarui rakitan tersebut. *Link-link* antara perakitan dan bagian-bagian individu adalah konsep dasar yang paling penting dalam model perakitan.

Keterkaitan antara komponen dan rakitan merupakan keterkaitan dua arah sehingga untuk mengubah suatu model rakitan dapat dilakukan pada komponen aslinya, begitu juga sebaliknya, komponen suatu rakitan dapat diubah pada mode rakitan. Dalam sistem CAD biasanya dilakukan hanya dengan mengupdate setiap ada perubahan pada komponen ataupun rakitan.

Pendekatan *bottom-up* memiliki beberapa keuntungan. Teknik ini

dianjurkan jika bagian-bagian/komponen telah dibuat. Hal ini juga memungkinkan desainer untuk fokus pada bagian-bagian individu. Hal ini juga membuat lebih mudah dan sederhana untuk menjaga hubungan dan perilaku regenerasi bagian daripada pendekatan *top-down*.

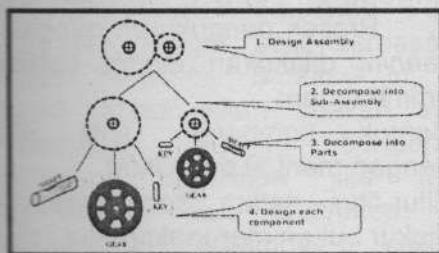


Gambar 2. Pendekatan *bottom-up*

Pendekatan *top-down*

Top-down design adalah sebuah metode perancangan yang dimulai dari konsep produk yang utuh/lengkap kemudian di *breakdown* menjadi bagian-bagian yang lebih kecil.

Pendekatan *top-down* baik digunakan untuk semua ukuran perakitan, tetapi lebih ideal untuk perakitan yang memiliki sangat banyak komponen. Pendekatan ini menyediakan alat yang efektif dan pendekatan yang terorganisasi dengan baik untuk mengelola desain rakitan yang besar.

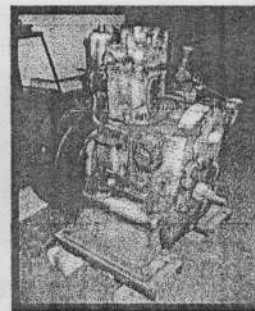


Gambar 3. Pendekatan *top-down*

Data Pemodelan

Obyek yang dimodelkan :

- Kromhout Motoren Fabriek D. Goedkoop JR. N.V. Amsterdam; viertact Dieselmotor Type LSD
- Diesel 4 langkah
- Cold Start (start dengan diengkol, tanpa perlu pemanas)
- Low Speed (600 – 1000 rpm)
- Biodiesel ready



Gambar 4. Mesin Diesel Kromhout

Proses Pengukuran

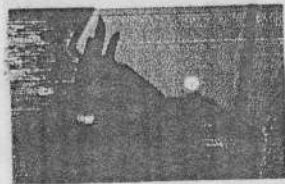
Proses pengukuran merupakan tahapan penting dalam proses *reverse engineering*. Metode pengukuran dipilih berdasarkan kebutuhan dan ketersediaan alat pengukuran.

Pengukuran Konvensional

Beberapa alat ukur konvensional yang digunakan antara lain mistar baja, mistar insut, serta mikrometer. Dan beberapa alat bantu seperti *pin*, poros, baut, *parallel block*, dan lain-lain.

Proses pengukuran dilakukan langsung pada komponen di lapangan (bengkel dan laborat⁵). Menggunakan metode peng¹ langsung maupun tak langsung

(dengan menggunakan alat bantu). Kadangkala diperlukan trik khusus untuk memperkirakan ukuran fitur-fitur yang sulit diukur baik secara langsung maupun tak langsung. Beberapa ukuran diperoleh dari perhitungan, seperti ukuran roda gigi dan *sprocket*. Data hasil pengukuran manual ini selanjutnya dibuat dalam bentuk sketsa manual pada kertas gambar ataupun sketsa langsung pada komputer dengan program CAD.

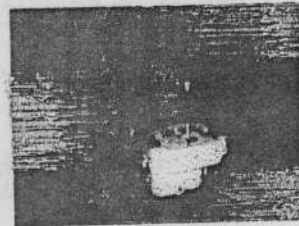


Gambar 5. Pengukuran konvensional

Pengukuran dengan CMM

Untuk komponen-komponen yang dianggap penting dan kritis terhadap fungsi produk dan memerlukan tingkat ketelitian yang lebih tinggi digunakan mesin ukur dengan komputer (*Coordinate Measurement Machine*). Pengukuran hanya diambil pada fitur-fitur yang penting dan kritis, sementara fitur lain tetap menggunakan pengukuran konvensional. Proses pengukuran dengan CMM ini dilakukan di Balai Besar Logam dan Mesin.

Output hasil pengukuran ini berupa data titik-titik koordinat fitur-fitur yang diukur dan dilengkapi dengan gambar dalam format DXF. Selanjutnya data-data ini digabungkan dengan data-data hasil pengukuran konvensional untuk membuat gambar komponen *3D solid*.



Gambar 6. Pengukuran dengan CMM

Metode pengukuran mengikuti metode yang umum digunakan pada laboratorium pengukuran BBLM. Fitur yang berupa bidang datar, diambil tiga titik pengukuran sehingga ketiga titik tersebut membentuk suatu bidang. Fitur silinder juga memanfaatkan tiga titik pengukuran untuk mengidentifikasi dimensi dan lokasi fitur silinder.

Untuk fitur-fitur yang tidak berukuran (*non-size feature*) atau *bounded feature*, titik pengukuran diambil lebih banyak sehingga diperoleh rangkaian titik pengukuran yang membentuk suatu garis/kurva. Rangkaian titik pengukuran ini selanjutnya diolah dengan bantuan *software CAD* untuk memperoleh dimensi yang mendekati dimensi aktualnya.

Pengukuran dengan 3D Scanner

Proses pengukuran dengan *3D scanning* dilakukan dengan beberapa pertimbangan:

- Bentuk komponen sulit diukur dengan manual dan CMM
- Fitur-fitur dalam komponen yang diukur bukan merupakan fitur kritis.
- Model 3D dengan dimensi nominal yang dibuat lebih cepat dibanding dengan menggunakan CMM



Gambar 7. Pengukuran dengan pemindai 3D (3D Scanning Camera)

Pemodelan 3D

Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan *software* CAD (*Computer Aided Design*) tertentu sebagai bentuk visualisasi dan desain awal dengan memanfaatkan gambar sketsa yang diperoleh dari proses pengukuran.

Pemodelan dilakukan dengan Metode *bottom up*. Metode ini dipilih berdasarkan metode investigasi yang dilakukan terhadap masing-masing komponen oleh suatu tim kerja. Tim ini berbagi tugas memodelkan masing-masing komponen yang diukur dan selanjutnya dibuat gambar 3D. Masing-masing komponen kemudian dirakit (*assembly*) menjadi suatu rakitan mesin yang saling berkaitan satu sama lain.

Gambar rakitan (*assembly drawing*) yang diperoleh disimulasikan dengan dengan simulasi gerakan (*mechanism simulation*) untuk memperoleh gambaran bagaimana masing-masing komponen dapat berfungsi dengan baik berdasarkan fungsi gerakannya. Simulasi ini juga dapat menunjukkan apakah setiap komponen saling bertabrakan (*collision*), sehingga jika terjadi *interference* atau *clearance* yang berdampak terjadinya *collision*, geometri komponen dapat diubah dan kemudian disimulasikan ulang dan

pada akhirnya diperoleh suatu model rakitan yang bebas dari *collision*.

Gambar model 3D yang dihasilkan ini selanjutnya dijadikan acuan awal untuk proses analisis rekayasa seperti: Analisa Material & Kekuatan, Mekanika Fluida, Termodinamika, GD&T, dan lain-lain sebelum dilakukan pembuatan prototipe.

Pemodelan Komponen

Pemodelan solid 3D menggunakan data hasil pengukuran yang diperoleh secara konvensional dan membandingkannya dengan data hasil scan dan CMM.

Komponen-komponen yang dimodelkan adalah komponen-komponen utama (*basic engine*) yang akan dianalisis toleransinya, yakni : *cylinder head*, *cylinder block*, *upper crankcase*, *lower crankcase*, *piston*, *wristpin*, *connecting rod*, dan *bearing*.

Pemodelan *Cylinder head*

Cylinder head berfungsi sebagaiudukan rocker arm, pengarah *pushrod*, *pre-chamber*, *intake manifold*, *exhaust manifold* dan *water jacket*. Permukaan bagian atas *cylinder head* berhubungan dengan cover dan bagian bawahnya dipasangkan dengan *cylinder block*. Disamping itu terdapat lubang yang merupakan tempat kedudukan *stud bolt*.

Dengan kata lain beberapa fitur *cylinder head* berhubungan dengan fitur dari komponen-komponen tersebut. Namun dalam pemodelan ini hanya fitur permukaan *cylinder head* dan lubang *stud bolt* yang diperhatikan, mengingat bahwa kedua fitur tersebut berkontribusi da⁷ proses perakitannya.

block dan upper crankcase dan juga sebagai bidang luncur dari piston.



Gambar 8. Model cylinder head

Model komponen *cylinder head* terbentuk dengan mengacu pada jarak antara lubang dudukan *stud bolt*. Karena pada bagian tersebut akan disejajarkan (*align*) dengan lubang pada *cylinder head*. Selain itu pemodelannya juga mengacu pada permukaan bagian bawah *cylinder head*. Dengan demikian penempatan *datum reference (global coordinate)* diletakkan pada penampang bagian bawah yang terhubung dengan *cylinder block*.

Pemodelan Cylinder Block

Cylinder block terletak diantara *upper crankcase* dan *cylinder head*. Bagian lubang dari *cylinder block* terakit dengan *cylinder liner*. Terdapat rongga-rongga *water jacket* pada komponen ini, yang terhubung dengan rongga *water jacket* pada *cylinder head* melalui lubang-lubang kecil. Sama halnya dengan *cylinder head*, pada komponen ini juga terdapat lubang yang berfungsi sebagai dudukan *stud bolt*. Lubang ini merupakan penghubung antara *cylinder head* dan *cylinder block* dengan pengikatan *stud bolt*. Disamping itu terdapat lubang yang menghubungkan *cylinder block* dan *upper crankcase* sebagai dudukan *stud bolt*. Pada bagian bawah komponen yang terhubung dengan *upper crankcase* terdapat bagian yang berbentuk silinder yang berfungsi sebagai pengarah antara *cylinder*



Gambar 9. Model cylinder block

Mengingat perlunya kesejajaran *cylinder head* dan *cylinder block*, maka yang menjadi acuan dalam pemodelan *cylinder block* adalah fitur permukaan bagian atas dan bawah *cylinder block* dan fitur lubang dudukan *bolt*. Dengan demikian awal pemodelan dimulai dengan menggambar penampang komponen dan memperhatikan jarak antar lubang dudukan *bolt* (merujuk pada bentuk geometri dan dimensi penampang *cylinder head*).

Dengan mengekstruksi penampang komponen sebagai acuan pemodelan ini, maka diperoleh model awal komponen sesuai dengan acuan pada *datum reference*-nya. Untuk bagian berbentuk silinder dibuat dengan mengacu pada penampang bagian bawah komponen ini. Geometri dan dimensi bagian-bagian lain dari komponen ini disesuaikan dengan data pengukuran.

Pemodelan Upper Crankcase

Upper crankcase merupakan dudukan dari *cylinder block* yang diikat dengan *stud bolt* dan diarahkan oleh *guidance pin*, pada permukaan bawahnya terhubung dengan *lower crankcase* yang juga diikat dengan *stud bolt*. Fitur-fitur yang berkontribusi terhadap komponen ini adalah *guidance pin*, fitur lubang dudukan *stud bolt* dengan *cylinder block* dan

fitur lubang dudukan *stud bolt* dengan *lower crankcase*. Disamping itu juga perlu diperhatikan fitur lubang *cylinder* besar yang se-sumbu (*centered*) dengan *cylinder block*.



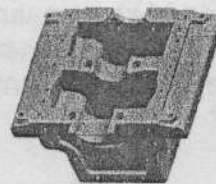
Gambar 10. Model upper crankcase

Fitur permukaan atas dan bawah dari *upper crankcase* berpasangan dengan fitur permukaan bawah *cylinder block* dan fitur permukaan atas *lower crankcase*. Sedangkan fitur *cylinder bore* berpasangan dengan fitur permukaan atasnya. Acuan *datum* ditetapkan pada kedua permukaan ini. Kesamaan sumbu antara lubang *upper crankcase* dan *cylinder bore* perlu diperhatikan, karena bagian ini berkontribusi terhadap keterakitan kedua komponen tersebut. Disamping itu juga kesamaan sumbu lubang dudukan *stud bolt* antara kedua komponen tersebut juga perlu diperhitungkan.

Pemodelan komponen ini berawal dari penggambaran penampang salah satu bidang permukaan yang datar. Karena bentuknya yang tidak simetris, maka penambahan ketinggian permukaan dapat dilakukan dengan mengekstrusi (*extrude*) salah satu penampangnya, dan juga pada bidang tersebut merupakan *datum reference*-nya untuk pemodelan bagian komponen lainnya.

Pemodelan lower crankcase

Lower crankcase merupakan pasangan dari *upper crankcase* dengan pengikatan *stud bolt*. Komponen ini merupakan dudukan dari *bearing crankshaft* yang diikat dengan baut pengikat *bearing housing*. Pada komponen ini juga terdapat lubang dudukan *stud bolt* untuk mengikat *upper crankcase* dan *bottom crankcase*. Bagian bawah *bottom crankcase* berpasangan dengan landasan mesin.



Gambar 11. Model lower crankcase

Fitur-fitur yang berpasangan dengan komponen ini meliputi fitur permukaan atasnya, lubang dudukan *stud bolt*, lubang baut pengikat *bearing crankshaft*. Fitur-fitur ini perlu diperhatikan mengingat kesejajaran dan ketegak-lurusan komponen ini terhadap *upper crankcase*. Sedangkan untuk ke-sesumbuan dengan *upper crankcase* mengacu baut pengikat *crankshaft*.

Komponen ini dimodelkan dengan mempertimbangkan fitur-fitur yang diutarakan diatas, dimana pemodelan ini dimulai dengan mengekstrusi salah satu permukaan sehingga membentuk satu bagian komponen. Untuk bagian komponen lain dimodelkan dengan mengacu pada bagian komponen tersebut.

Pemodelan Piston

Piston adalah komponen yang bergerak translasi relatif terhadap *cylinder liner* dan berpasangan

dengan *connecting rod* dengan pengikatan *wristpin*. Pada selubung permukaan komponen ini terdapat alur yang merupakan dudukan dari *ring piston* dan juga terdapat lubang dudukan *piston pin*.

Fitur-fitur komponen yang berpasangan dengan komponen ini adalah fitur permukaannya, alur *ring piston*, dan lubang *wristpin*. Keberadaan dari fitur-fitur ini mempengaruhi ke samaan sumbu dari komponen ini dengan *cylinder liner* dan ketegak lurusannya dengan *crankshaft*.



Gambar 12. Model piston

Karena bentuknya penampangnya yang simetri, maka pemodelan komponen ini diawali dengan memutar (*revolve*) penampang irisan dari komponen tersebut. Namun perlu diperhatikan fitur-fitur pentingnya.

Pemodelan WristPin

Wristpin merupakan komponen yang fungsi utamanya adalah menghubungkan *piston* dan *connecting rod*. Kedudukan dari komponen ini tegak lurus terhadap *piston* dan sejajar dengan *crankshaft*. Kedua ujung dari komponen ini berpasangan dengan lubang *piston*, permukaan bagian luar *wristpin* berpasangan dengan *small eye* dari *connecting rod*.



Gambar 13. Model wristpin

Fitur-fitur yang berhubungan dengan komponen ini adalah selubung permukaan luarnya dan bagian ujung kedua permukaannya. Hal ini dikarenakan pada fitur-fitur tersebut menjamin keterakitan komponen ini dengan *piston* dan *connecting rod*.

Model komponen ini diperoleh dengan memutar (*revolve*) irisan penampang, mengingat bentuknya yang simetrik.

Pemodelan Connecting Rod

Komponen *connecting rod* memiliki bagian *small eye* dan *big eye*. Bagian *small eye* berpasangan dengan *piston pin*, dimana komponen ini memiliki ke samaan sumbu (*centered*) dengan *piston pin*. *Big eye* berpasangan dengan *crankpin* dari *crankshaft*, dimana sumbu *crankshaft* pada bagian bantalan jalannya memiliki ke samaan sumbu (*centered*) dengan *big eye*.



Gambar 14. Model connecting rod

Terdapat dua fitur yang berkontribusi terhadap keterakitan komponen ini, yakni fitur permukaan dalam *big eye* dan *small eye*. Fitur permukaan dalam *small eye*

mempengaruhi keterjaminan kesejajarannya dengan *piston pin*. Sedangkan fitur permukaan dalam *big eye* berkontribusi terhadap kesejajarannya dengan *crankshaft*. Dengan mempertimbangkan kondisi fitur maka pemodelan komponen ini dimulai dengan terlebih dahulu memodelkan kedua bagian tersebut (*small eye* dan *big eye*). Sedangkan komponen lainnya mengacu pada kedua bagian tersebut.

Pemodelan *Crankshaft*

Crankshaft berfungsi mengubah gerak translasi dari *piston* menjadi gerak rotasi pada *shaft*. Pada komponen ini terdapat tiga poros yang terhubung seri. Dua poros yang berdiameter sama didukung bantalan duduk sedangkan satu poros terhubung dengan *connecting rod*. Salah satu bagian ujung terhubung dengan *flywheel* sedangkan ujung lainnya terhubung dengan *sprocket* rantai *camshaft*.



Gambar 15. Model *crankshaft*

Fitur-fitur yang berhubungan dengan komponen ini meliputi fitur *bottom crankcase* (bantalan duduk), *big eye connecting rod* (bantalan jalan), fitur ulir *sprocket*, fitur ulir *flywheel*. Selain itu perlu memperhatikan fitur dua bagian poros yang berpasangan dengan bantalan duduk, yakni perlu dijamin ke samaan sumbu-nya (*centered*).

Dengan berpatokan pada fitur-fitur bagian komponen di atas, maka pemodelan dimulai dengan memodelkan poros-poros yang parallel tersebut.

Pemodelan *Bearing*

Bearing merupakan komponen yang berfungsi sebagai pendukung komponen. Ada 3 (tiga) pasangan *bearing*, 1 (satu) pasang bantalan jalan dan 2 (dua) pasang bantalan duduk. Pada bantalan jalan terdapat bagian *big eye connecting rod*, sedangkan pada bantalan duduk terdapat *bearing housing lower crankcase*.



Gambar 16. Model *bearing*

Komponen ini terhubung dengan fitur-fitur yang perlu diperhatikan yakni fitur *crankshaft* dan fitur permukaan dalam *big eye* dari *connecting rod*. Fitur poros dari *crankshaft* berpengaruh terhadap kesamaan sumbu-nya dengan *bearing* duduk, sedangkan fitur bagian *big eye* berpengaruh terhadap kesamaan sumbu-nya dengan *bearing* jalan.

Pemodelan komponen ini berpatokan pada permukaan dalam dan permukaan luar *bearing* dengan mengacu pada fitur-fitur yang berhubungan dengannya. Karena bentuknya yang simetri pemodelan dilakukan dengan memutar (*revolve*) irisan penampangnya, sedangkan bagian lain dari komponen merujuk pada hasil putaran ini.

Pemodelan *Bearing Housing*

Sama halnya dengan *bearing*, *bearing housing* ada 3 buah. Pada

komponen ini terdapat fitur *bearing housing* bawah dan *big eye connecting rod*.



Gambar 17. Model bearing housing

Selain komponen-komponen utama terdapat juga komponen-komponen pendukung, seperti perapat (*gasket*), baut pengikat (*bolt*), dan lain-lain. Namun komponen-komponen tersebut tidak dibahas karena yang dibahas hanyalah komponen-komponen utamanya.

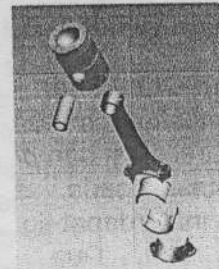
Pemodelan Rakitan

Kumpulan beberapa komponen yang membentuk satu model rakitan termasuk ke dalam pendekatan *bottom-up*. Seperti yang telah diutarakan sebelumnya bahwa dalam pemodelan rakitan ini dilakukan dengan pendekatan ini. Dimana beberapa model komponen dirangkaikan menjadi model sub-rakitan dan akhirnya model sub-rakitan ini dirangkaikan menjadi model rakitan.

Dengan berpatokan pada gambar model rakitan di atas dibuatlah urutan perakitan komponen, sub-rakitan, dan rakitan. Selain itu juga perlu diperhatikan keterkaitan antar komponen yang diam dan yang bergerak, dimana untuk komponen yang bergerak terlebih dahulu harus diperhatikan jenis sambungannya, contohnya antara komponen *lower crankcase* dan rakitan *crankshaft*. Jenis sambungan yang digunakan adalah *pin*, yang berarti *crankshaft* berputar pada sumbu dudukannya di *lower crankcase*.

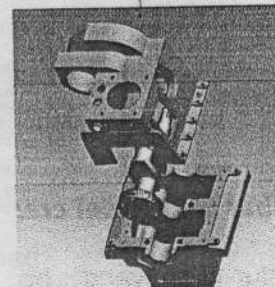
Untuk mendapatkan model rakitan diperlukan beberapa sub-rakitan komponen sebelum dirakit. Pemodelan sub-rakitan terdiri atas :

- Pemodelan sub-rakitan piston (*piston, piston pin, connecting rod, dan bearing*)



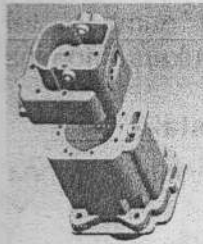
Gambar 18. Sub-rakitan piston

- Pemodelan sub-rakitan *lower crankcase* (*lower crankcase, crankshaft dan upper crankcase*)



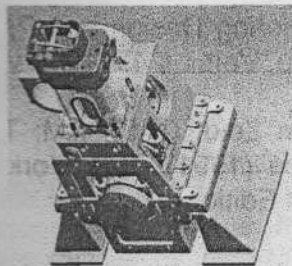
Gambar 19. Sub-rakitan lower crankcase

- Pemodelan sub-rakitan *cylinder head* (*cylinder head dan block cylinder*)



Gambar 20. Sub-rakitan cylinder head

Dengan merakit sub-rakitan diperoleh model rakitan, dimana sub-sub rakitan dirakit menjadi satu model rakitan.



Gambar 21. Model Rakitan Mesin Diesel

Analisis Model Rakitan

Analisis Interference

Analisis *interference* yang dilakukan pada model rakitan menggunakan *software CAD*. Analisis ini dilakukan setelah proses pemodelan komponen, dimana analisis ini dilakukan setelah diperoleh model rakitan.

Setelah dilakukan analisis *interference* dan *clearance* maka dilakukan beberapa penyesuaian geometrik dan dimensi pada tiap

komponen dengan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis yang berkaitan dengan *GD&T*.

Analisis *Collision* dan Simulasi Gerak

Tujuan dari analisis ini adalah untuk memeriksa apakah model rakitan yang telah dibuat bebas dari *collision*, sehingga pada akhir analisis ini diharapkan dapat diperoleh model yang siap untuk dianalisis lanjut.

Untuk menjalankan simulasi gerak diperlukan beberapa prosedur yang perlu dilakukan pada model rakitan, yakni :

1. Menetapkan *servomotor*
2. Mendefinisikan mekanisme
3. Menjalankan simulasi gerak
4. Memeriksa *collision*

Analisis *collision* dilakukan dengan menggunakan fasilitas yang ada dalam *CAD*, dimana analisis ini dilakukan bersamaan dengan simulasi gerak. Bagian yang diamati dalam analisis ini adalah komponen-komponen yang bergerak (*piston*, *connecting rod*, dan *crankshaft*) relatif terhadap komponen-komponen yang diam (*cylinder head*, *cylinder block*, *upper crankcase*, dan *lower crankcase*).

Sama halnya dengan analisis *interference*, apabila pada model rakitan dijumpai adanya *collision* maka dilakukan beberapa penyesuaian bentuk dan geometri dari model rakitan.

Penutup

Setelah dilakukan penelitian terhadap motor bakar diesel merek Kromhout, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yakni :

1. Untuk mendapatkan model komponen dan model rakitan

terlebih dahulu dilakukan aktivitas identifikasi :

- a. Identifikasi fungsi motor bakar diesel satu silinder.
 - b. Identifikasi komponen-komponen motor bakar diesel satu silinder, dan
 - c. Identifikasi fitur-fitur fungsional.
2. Dari hasil analisis *interference* dijumpai adanya *interference* antar komponen, yakni :
- a. *Interference* antara *cylinder block* dan *upper crankcase*.
 - b. *Interference* antara *connecting rod* dan *piston*.
 - c. *Interference* antara *connecting rod* dan *seal connecting rod*.
 - d. *Interference* antara *bolt connecting rod* dan *nut connecting rod*.
3. Dari hasil analisis *collision* dijumpai adanya *collision* antar komponen, yakni :
- a. *Collision* antara *connecting rod* dan *upper crankcase*.
 - b. *Collision* antara *piston* dan *cylinder head*.
4. *Interference* dan *collision* pada fitur-fitur komponen disebabkan oleh beberapa faktor seperti kesalahan dalam proses pemodelan dan kesalahan dalam proses pengukuran.
5. Solusi untuk menghindari terjadinya *interference* dan *collision* adalah dengan menyesuaikan bentuk dan geometri dari tiap komponen. Dengan mempertimbangkan fitur-fitur fungsional yang membentuk komponen maupun rakitan.
6. Setelah analisis pada model rakitan, langkah selanjutnya adalah

menuangkan model ke dalam bentuk gambar teknik dengan ukuran-ukuran nominal.

Daftar Pustaka

- Daniel E. Whitney (2004), *Mechanical Assemblies*, New York, Oxford University Press.
- David S. Kelley (2001), *Pro/Engineer Instructor*, New York, McGraw-Hill, Int.Edition.
- George E. Dieter, Linda C. Schmidt (2009), *Engineering Design*, New York, McGraw-Hill.
- Guangming Zhang (2008), *Engineering Design and Pro/Engineer Wildfire, Version 4.0*, Knoxville, USA
- Ibrahim Zeid, *CAD/CAM: Theory and Practice* (1991), New York, McGraw-Hill, Int.Edition.
- Kunwoo Lee, *Principles of CAD/CAM/CAE Systems* (1999), Addison-Wesley, 1st Edition.
- Richard Van Basshuysen (2002), *Fred Scahfer, Internal Combustion Engine Handbook*, SAE International, Warrendale, USA.
- Vinesh Raja (2008), *Reverse Engineering An Industrial Perspective*, Springer Handbook.
- Yatna Yuwana (1998), *Diktat Kuliah: Pemodelan Berorientasi Obyek, Teknik Produksi, Jurusan Teknik Mesin*, Penerbit ITB.