

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Peneliti dalam melakukan penelitian yang berbasis CNC, membutuhkan beberapa pustaka yang dapat membantu alur pemikiran serta proses berpikir.

Maharanto (2007) dalam penelitiannya membahas tentang penentuan *strategy* permesinan (*toolpath* yang optimal dari *core cavity* model *Bra*) dengan menggunakan *software* PowerMILL 7.0. Penentuan *strategy* pemesinan yang optimal oleh Maharanto lebih diutamakan pada kualitas hasil pemesinan dan waktu pengerjaan yang cepat. Output penelitian Maharanto berupa *prototype core cavity* model *bra* yang sesuai dengan permintaan PT.Libra Permana Bogor. Material kayu jati dan mesin Rolland Modela MDX 40R dipilih dalam penelitian ini untuk mewujudkan *prototype* produk yang dirancang.

Sari (2010) dalam penelitiannya membahas tentang perbandingan simulasi permesinan menggunakan PowerMILL 8.0 dengan CATIA V5R10. Permasalahan yang dihadapi Sari dalam penelitiannya di PT. Mekar Armada Jaya (MAJ) adalah seringnya terjadi tabrakan antara *cutter* dengan benda kerja sebagai akibat kesalahan operator dalam pengoperasian CAD/CAM di perusahaan serta belum adanya lisensi CAD/CAM di divisi design produk pada saat itu. Sari mencoba membandingkan hasil *machining* produk *Lower Die Draw* dengan menggunakan CAM PowerMILL dan Catia V5R10 serta melakukan proses validasi NC Program menggunakan *software* Vericut. Output yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa perbandingan hasil machining dan validasi NC Program.

Anggoro dan Yuniarto (2012) dalam penelitian di bidang desain produk berbasis CNC berhasil mendapatkan satu unit *prototype* konstruksi *mold base Honda Freed Mirror* berbahan baku kayu *ebalta*. *Brainstorming*, *optimalisasi toolpath strategy*, dan eksperimen proses manufaktur digunakan dalam penelitian ini untuk menentukan *strategy* pemesinan yang paling optimal. Output penelitian yang dihasilkan berupa *prototype* konstruksi *mold base Honda Freed Mirror*.

Herdiawan (2013) dalam penelitiannya yang membahas tentang optimalisasi mesin CNC YCM EV1020A di Laboratorium Proses Produksi Universitas Atma

Jaya Yogyakarta. Permasalahan yang dihadapi adalah terbatasnya material yang dapat dikerjakan dengan menggunakan mesin Rolland Model MDX 40R. *Software* yang digunakan dalam penelitiannya adalah PowerSHAPE 2012 dan PowerMILL 2012. Herdiawan melakukan optimalisasi *toolpath strategy* sehingga menghasilkan beberapa produk hasil pemesinan CNC YCM EV1020A dengan material ebalta dan alumunium. Output penelitian yang dihasilkan berupa *prototype core cavity* blok mesin, kepala budha, *core cavity* prambanan dan cetakan menara kodus.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Perbedaan penelitian sekarang dengan penelitian-penelitian sebelumnya adalah peneliti menggunakan *software* DELCAM dengan *release* terbaru yaitu PowerSHAPE 2014 dan PowerMILL 2014. Pada penelitian ini akan digunakan satu *toolpath strategy* baru dari PowerMILL 14 yaitu *vortex strategy machining*. *Strategy* ini bertujuan untuk meminimalkan waktu pengerjaan proses *Roughing*. Peneliti juga menggunakan *strategy* pemesinan konvensional nantinya dalam membentuk *prototype* produk penelitian. Tujuan dari penggunaan kedua *strategy* ini adalah untuk melihat perbandingan antara *strategy conventional* dengan *vortex strategy* dalam proses *roughing*. *Vortex strategy* digunakan sebagai *strategy* pemesinan dalam penelitian ini untuk membandingkan apakah *strategy* ini dapat meminimalkan waktu pengerjaan. Material yang diuji antara lain ebalta dan Steel-Star. *Rouge test* nantinya menjadi alat pengukur kehalusan hasil proses pemesinan *strategy vortex* ini. Pada tabel 2.1 dapat dilihat perbandingan hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya dengan penelitian sekarang dan juga hasil outputnya.

Tabel 2.1 Perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang

Deskripsi Peneliti	Objek Penelitian	Software yang Digunakan	Material	Toolpath Strategy	Metode Penelitian	Output Penelitian
Maharanto (2007)	Simulasi Pemesinan, pemilihan \emptyset cutter, Material cutter, Cutting method dan perbandingan proses antar toolpath strategy	DELCAM PowerMILL 7.0	Jati	Offset dan Optimized Constan Z	Metode pemilihan berdasarkan waktu proses tercepat	Strategy pemesinan (toolpath) yang optimal dari core cavity model Bra.
Sari (2010)	Simulasi pemesinan, pemilihan \emptyset cutter, Material cutter, Cutting method dan perbandingan hasil pemesinan dan waktu dengan 2 software CAM	DELCAM PowerMILL 7.0, CATIA V5R10	Ebalta	Offset dan Optimized Constan Z	Metode pemilihan berdasarkan waktu proses tercepat dan kualitas yang optimal, menggunakan software Vericut 7.0	Strategy pemesinan (toolpath) yang optimal untuk prototype Lower Die Draw 52 185.

Tabel 2.1 Lanjutan

Deskripsi Peneliti	Objek Penelitian	Software yang Digunakan	Material	Toolpath Strategy	Metode Penelitian	Output Penelitian
Anggoro dan Yuniarto (2012)	Simulasi Pemesinan, <i>prototype</i> konstruksi <i> mold base Honda Freed Mirror</i> dengan menggunakan material ebalta	PowerSHAPE 2012 dan PowerMILL 12	Ebalta & green resin	Offset dan Optimized Constan Z	<i>Brainstorming, optimalisasi toolpath strategy,</i> dan eksperimen proses manufaktur digunakan untuk menentukan <i>strategy</i> pemesinan yang paling optimal	<i>Strategy</i> pemesinan yang optimal untuk <i>prototype</i> konstruksi <i> mold base Honda Freed Mirror.</i>
Herdiawan (2013)	Optimalisasi penggunaan mesin CNC YCM EV1020A untuk menghasilkan <i>prototype</i> ArtCAM dengan material aluminium	PowerSHAPE 2012 dan PowerMILL 12	Ebalta & aluminium	Offset, Shade and shallow dan Optimized Constan Z	<i>Brainstorming, optimalisasi toolpath strategy,</i> dan eksperimen proses manufaktur digunakan untuk menentukan <i>strategy</i> pemesinan yang paling optimal	<i>Strategy</i> pemesinan yang optimal untuk <i>prototype</i> core cavity blok mesin, kepala budha, core cavity prambanan dan cetakan menara kudus.

Tabel 2.1 Lanjutan

Deskripsi Peneliti	Objek Penelitian	Software yang Digunakan	Material	Toolpath Strategy	Metode Penelitian	Output Penelitian
Yuwono (2014)	Simulasi Pemesinan <i>conventional</i> dan <i>vortex strategy</i> , kualitas permukaan <i>prototype</i>	<i>PowerSHAPE</i> 2014 dan <i>PowerMILL 14</i>	Ebalta & Steel-Star	<i>Offset</i> , <i>Optimized</i> <i>Constan Z</i> dan <i>Vortex</i>	Metode pemilihan berdasarkan waktu proses tercepat dan kualitas yang optimal menggunakan fasilitas simulasi <i>toolpath</i> pada <i>software PowerMILL 14</i>	<i>Strategy</i> pemesinan yang optimal dengan menggunakan <i>vortex strategy</i> pada <i>prototype core dies stamping</i> .

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Delcam

Delcam adalah salah satu perusahaan penyedia *software* CAD/CAM yang terkemuka di dunia. Produk *software* CAD/CAM yang dihasilkan oleh Delcam ini bermanfaat sebagai solusi desain produk di dunia industri manufaktur. Perusahaan penyedia *software* CAD/CAM Delcam ini telah tumbuh dengan mantap sejak berdiri secara resmi pada tahun 1977, dan pengembangan awal Delcam dilakukan di Cambridge University, Inggris. Sekarang ini, Delcam menjadi perusahaan pengembang terbesar *software* perancangan produk dan manufaktur di Inggris, yang memiliki cabang-cabang perusahaan di Amerika, Eropa, dan Asia. *Software* Delcam ini sekarang digunakan lebih dari 15000 perusahaan dan organisasi yang tersebar di 80 negara.

Delcam adalah perusahaan penyedia perangkat lunak yang memberikan solusi paling lengkap, termasuk menyediakan apa yang dibutuhkan oleh konsumen untuk mendapatkan sumber daya yang spesifik dan dalam hubungannya dengan *template*, *macros* dan *visual basic programming*, atau sebuah kumpulan produk yang berdiri sendiri yang terbaik di kelasnya. Delcam dapat menyediakan suatu desain yang meliputi sistem manufaktur perusahaan secara kontinu. Ini merupakan suatu hal baru di bidang CAD/CAM yang mana akan menggantikan *software* di bidang CAD/CAM yang sudah usang. Sebagai alternatif, Delcam dapat juga menyediakan program individual kepada perusahaan yang berguna untuk meningkatkan *performa* sistem yang ada atau untuk menghilangkan *bottlenecks* di dalam proses desain dan manufaktur.

Delcam memiliki beberapa produk di bidang CAD/CAM antara lain :

1. PowerSHAPE (PShape)

PowerSHAPE menyediakan solusi yang lengkap terhadap *product design* dan *toolmaker*. Biasanya para perancang lebih mengutamakan desain dan produk jadi, mereka sering mengabaikan spesifikasi desain yang diperlukan di bidang perindustrian, *mold* dan *toolmaker* memerlukan model yang lebih lengkap. Sebagai contoh beberapa perancang jarang membuat potongan yang tajam di tepi sebuah model atau membuat daftar kebutuhan dan memisahkan atau membagi permukaan. Saat ini, penggunaan dan biaya operasional yang mahal mulai ditinggalkan para *toolmaker*. Dengan PowerSHAPE semuanya dapat dibuat dengan mudah, yang mana

Powershape diciptakan dengan peralatan ukur yang lengkap yang menjamin pekerjaan mendesain produk menjadi cepat dan efisien.

2. PowerMILL (PMill)

PowerMILL memiliki peranan penting di dunia, terutama dalam bidang perangkat lunak NC (*Numerical Control*) CAM. Kunci utamanya adalah dapat memasukkan bermacam-macam *strategy* permesinan, dapat meminimalkan waktu *roughing* dengan memilih *strategy* yang paling tepat, memiliki kemampuan *finishing* yang cepat dan memiliki teknik *machining 5 axis*. PowerMILL juga mampu mengkalkulasikan waktu permesinan dan dapat mengedit *Toolpath* hingga didapatkan *performa* yang paling optimal. PowerMILL dapat mengambil gambar dari *software design* yang lain seperti IGES, *STEP*, Catia, UG, ProEngineer, Rhino, dan lain-lain dalam bentuk *format* IGES, VDA, STL. Output dari PowerMILL berupa simulasi permesinan, *G- Code* dan waktu permesinan.

3. PowerINSPECT

PowerINSPECT berfungsi mengirimkan aliran pemeriksaan tentang komponen yang kompleks dan *tolls* dengan membandingkan item yang dihasilkan dengan 3D. CAD model. Kecepatan dari PowerINSPECT berguna untuk mengurangi waktu pemeriksaan, dan berfungsi juga untuk meminimalkan gangguan pada jadwal produksi.

4. CopyCAD

CopyCAD merupakan suatu solusi untuk memanipulasi point data. Memungkinkan bagi para engineers dengan cepat dan teliti menghilangkan jarak antara dunia secara fisik (nyata) dan dunia digital. CopyCAD merupakan suatu *software* yang cepat, simpel dan sederhana. Prinsip kerjanya adalah dengan mengcopy bentuk benda nyata yang kemudian hasil copy benda tersebut dapat langsung diproses desainnya.

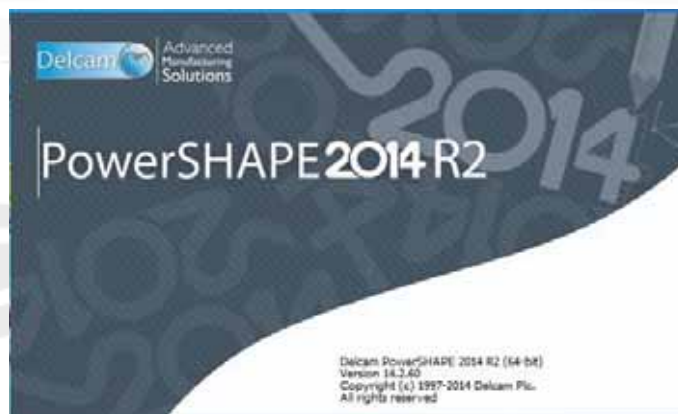
5. ArtCAM Pro

ArtCAM Pro merupakan *software* desain yang unik, yang digunakan untuk merancang produk yang bersifat hiasan dari gambar 2D secara cepat. Dari gambar 2D, melalui proses lebih lanjut akan didapatkan desain 3D, yang kemudian melalui ArtCAM Pro, kita dapat secara langsung membuat model yang telah kita desain.

2.2.2. Proses CAD

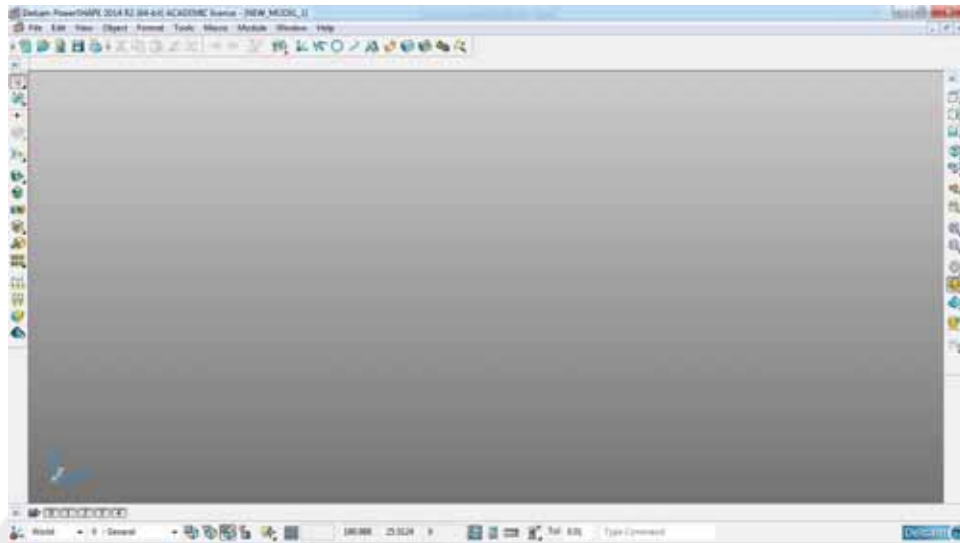
CAD (Computer Aided Design) yang digunakan pada penelitian ini adalah PowerSHAPE 2014. *Software CAD* PowerShape dari PT. Delcam menyediakan “lingkungan” untuk menjadikan ide-ide produk dari konsep menjadi kenyataan. PowerSHAPE menawarkan kebebasan untuk memanipulasi bentuk permukaan dari *model CAD*, untuk membangun dari sebuah *wireframe* dan membuat perubahan menyeluruh dengan fitur operasi *solid* dan *editing*. PowerSHAPE mengikuti filosofi "*Simple to create, easy to modify*". PowerShape mencakup semua inti alat untuk permodelan dan juga sejumlah fitur yang difokuskan khususnya untuk kebutuhan para *designer*.

PowerShape adalah sebuah paket *software permodelan*, dimana didalamnya meliputi modul *basic functionality* dan *several specialized*; *PS-Drafts* (untuk membuat gambar secara detail), *PS-Mold* (untuk membuat *mold tool*), *PS-Electrode* (*a wizard for generating Electrode from a solid model*), *PS-Assembly* (untuk memodelkan proses perakitan dari gambar kerja *solid*) dan *PS-Render* (untuk menampilkan gambar dengan kualitas visual yang baik). Untuk memulai PowerShape, lakukan *double click* pada *Icon PowerShape*. Pertama kali, sebagai tampilan awal maka pada layar akan tampak seperti di gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tampilan awal PowerSHAPE 2014

(sumber: PowerSHAPE 2014)

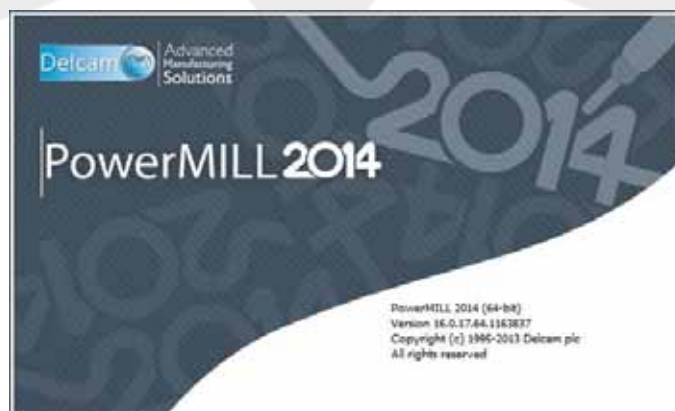


Gambar 2.2 Layar utama PowerSHAPE 2014

(sumber: PowerSHAPE 2014)

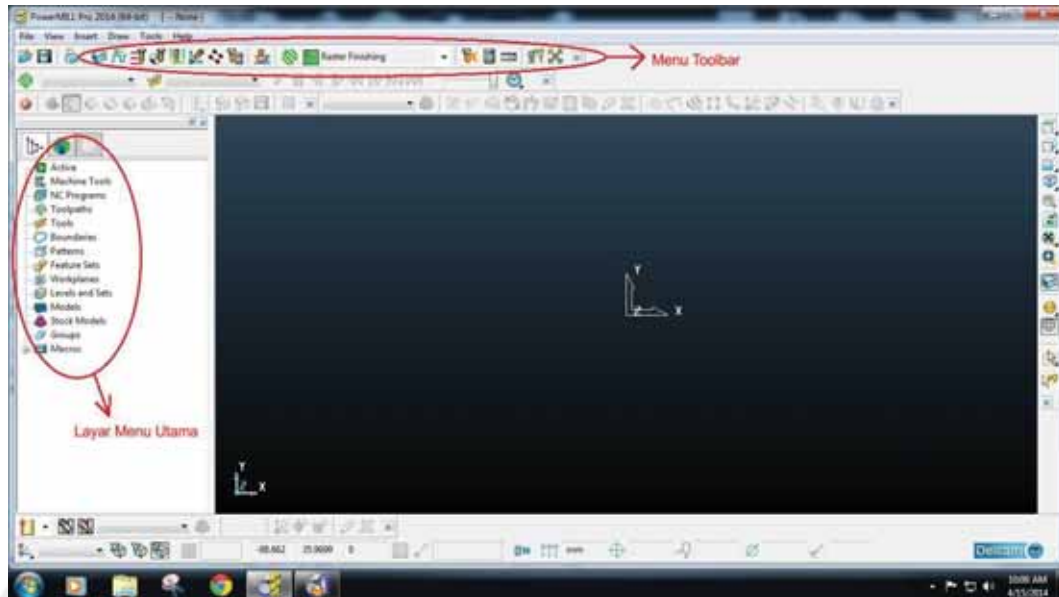
2.2.3. Proseses CAM

CAM (Computer Aided Manufactur) yang digunakan adalah PowerMILL 14. Pada *software* PowerMILL 14 telah dilakukan penyempurnaan pada *strategy roughing* maupun *strategy finishing*. PowerMILL 14 memperkenalkan *strategy roughing vortex*. Dimana hasil penyempurnaan ini mampu didapatkan hasil pengerjaan yang lebih halus dan lebih cepat dibandingkan *software* Powermill versi sebelumnya. PowerMILL dapat mengambil gambar dari *software design* yang lain seperti IGES, STEP, Catia, UG, ProEngineer, Rhino, dan lain-lain dalam bentuk *format* IGES, VDA, STL. Output dari PowerMILL berupa simulasi permesinan, G-Code, dan waktu permesinan. Tampilan pada PowerMILL 14 seperti pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Tampilan awal PowerMILL 14

(sumber: PowerMILL 2014)



Gambar 2.4 Layar utama PowerMILL 14

(sumber: PowerMILL 2014)

Layar menu utama pada PowerMILL 14 terdiri dari:

- a. *NC Program*
 Pada tampilan utama terdapat menu *NC Program*. Menu *NC Program* ini berfungsi untuk membuat *G-Code* dari produk yang akan kita kerjakan. Dalam *G-Code*, nantinya berisikan langkah-langkah permesinan dalam bahasa program.
- b. *Toolpath*
 Menu *Toolpath* berfungsi untuk mengaktifkan dan bisa juga untuk melakukan *editing*, melihat estimasi waktu dari berbagai macam *Toolpath* yang telah kita buat sebelumnya.
- c. *Tools*
 Menu *Tool* berfungsi untuk memperlihatkan *cutter* yang telah kita pilih untuk proses permesinan. Melalui menu *Tool* ini kita juga dapat melakukan pengeditan terhadap jenis *tipe cutter* yang telah kita pilih.
- d. *Boundaries*
 Menu *Boundaries* memiliki fungsi untuk membatasi area yang akan kita proses. Jika kita menginginkan hanya area tertentu yang ingin kita proses, maka kita dapat memproses melalui menu *Boundaries* ini.
- e. *Pattern*
 Menu *Pattern* berfungsi membatasi area yang akan kita proses. Menu ini memiliki fungsi yang hampir sama dengan menu *Boundaries*. Namun

bedanya menu *Pattern* hanya memproses sesuai dengan batas tepi dari produk yang akan kita proses.

f. *Feature Set*

Menu *Feature Set* berfungsi untuk membuat lubang atau *hole* pada model. Melalui *Feature Set* ini, kita dapat dengan cepat membuat lubang, karena *cutter* akan secara otomatis bergerak membuat lubang sesuai dengan desain yang telah kita buat.

g. *Workplane*

Menu *Workplane* berfungsi untuk mengecek *workplane* mana yang sedang aktif dan juga berfungsi untuk mengatur *workplane* mana yang ingin kita aktifkan.

h. *Levels*

Menu *Levels* pada Pmill berfungsi untuk menyembunyikan sementara gambar produk tanpa menghilangkan gambar produk. Hal ini sangat berguna jika kita menginginkan pengeditan pada gambar produk.

i. *Models*

Menu *Models* dalam PMill memiliki fungsi untuk menunjukkan model apa saja yang telah kita buka dalam PMill pada saat itu. Dalam menu *Models* juga diperlihatkan *type, origin, path, translucency* dari model yang telah kita kerjakan.

j. *Stock Models*

Stock Models merupakan gabungan dari model yang telah kita buat.

k. *Groups*

Groups merupakan kumpulan-kumpulan dari *stock models*.

l. *Macros*

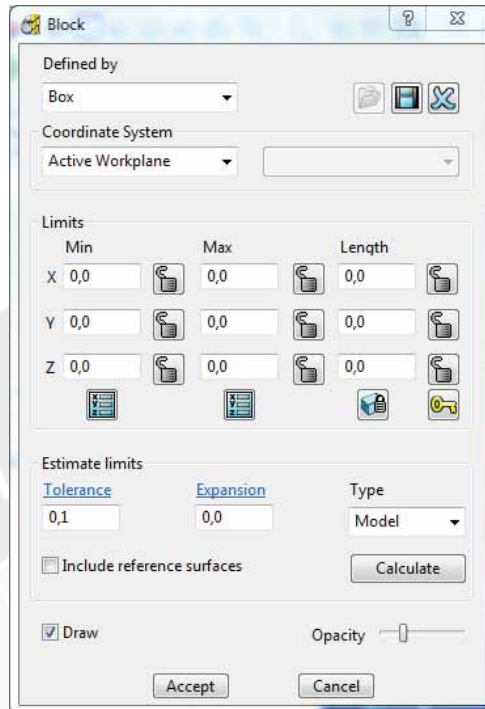
Menu *Macros* dalam PMill berfungsi sebagai *Help*. Jika kita membutuhkan penjelasan mengenai PMill kita dapat menggunakan menu *Macros*.

Menu-menu dan fungsi toolbar pada PowerMILL 14 terdiri dari:

a. *Block*



Lambang dari menu *Block* pada *Toolbar* terdapat pada gambar sebelah kiri. Fungsi dari menu *Block* ini adalah untuk memberikan ukuran atau merinci ukuran material yang dibutuhkan. Sehingga ukuran antara produk yang akan diproses dan material yang diperkirakan dapat benar-benar sesuai (material tidak kurang dan tidak lebih). Gambar menu *Block* ditunjukkan pada gambar 3.21:



Gambar 2.5 Menu *Block Form PM 12*

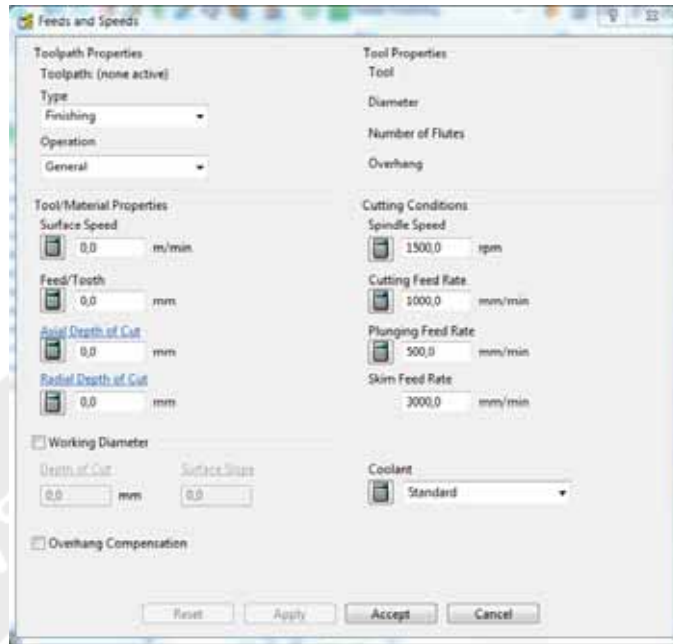
(Sumber : PowerMill 14)

Pada menu *Block* terdapat limit Min X, Max X, Min Y, Max Y, Min Z, Max Z. Limit ini berfungsi sebagai ukuran material yang kita inginkan. X menunjukkan ukuran horizontal sesuai sumbu X, Y ukuran horizontal sesuai sumbu Y, sedangkan Z ukuran vertikal atau tinggi material. Namun jika kita mengalami kesulitan dalam mencari ukuran material agar benar-benar sesuai dengan kebutuhan, kita dapat mengklik *Calculate*. Melalui *Calculate*, kita bisa mendapatkan ukuran material secara otomatis, tanpa harus mengisi satu per satu ukuran material yang kita butuhkan.

b. *Feed Rate*



Lambang dari menu *Block* pada *Toolbar* terdapat pada sebelah kiri tulisan. Fungsi dari menu *Feed Rate* ini adalah untuk menentukan nilai pada *rapid*, *plunge*, *cutting*, *spindle speed*, *drilling* sesuai yang kita inginkan. Melalui *Feed Rate* ini kita juga dapat menentukan jenis *collant* apa yang akan kita gunakan. Gambar dari menu *Feed Rate* ditunjukkan pada gambar 3.22:



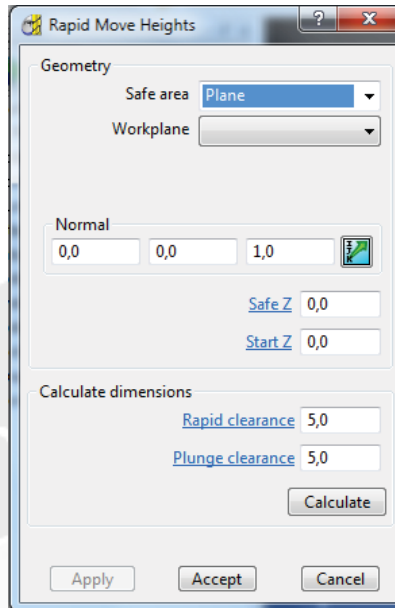
Gambar 2.6 Menu Feed Rate

(Sumber : PowerMill 14)

c. *Rapid Move Height*



Lambang dari menu *Rapid Move Height* ditunjukkan pada gambar di sebelah kiri tulisan. Menu ini berfungsi untuk menentukan jarak ketinggian antara material dengan ujung mata *cutter* terendah saat *cutter* tidak melakukan pemakanan pada material. Menu ini juga memiliki fungsi untuk memberikan jarak aman saat dimulainya pemakanan antara material dengan ujung mata *cutter* agar tidak terjadi tabrakan yang tidak diinginkan antara *cutter* dengan material. Tampilan dari menu *Rapid Move Height* ditunjukkan pada gambar 3.23 di bawah ini.



Gambar 2.7 Menu *Rapid Move Heights*

(Sumber : PowerMill 14)

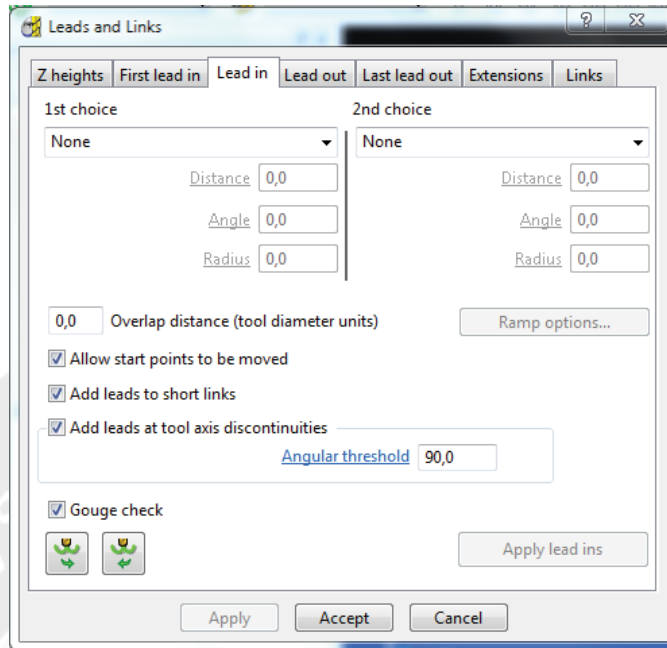
Dalam menu *Rapid Move Height* ini terdapat menu *safe Z*. *Safe Z* adalah jarak aman antara *cutter* dengan material, sedangkan *Start Z* artinya adalah jarak ketinggian *cutter* dari material dimana *cutter* mulai bekerja. Keduanya dapat kita tentukan sendiri sepanjang jarak antara material dan ujung *cutter* lebih dari 0 mm.

d. *Leads and Links Form*



Fungsi dari *Leads and Links Form* adalah sebagai cara untuk mempercepat atau menyingkat waktu *machining*. Prinsip kerja dari penggunaan menu *Leads and Links Form* ini adalah dengan meniadakan gerakan-gerakan *cutter* yang tidak efektif yang dapat memperlambat *machining time*.

Gambar menu *Leads and Links Form* dijelaskan pada gambar 3.24 di bawah ini.



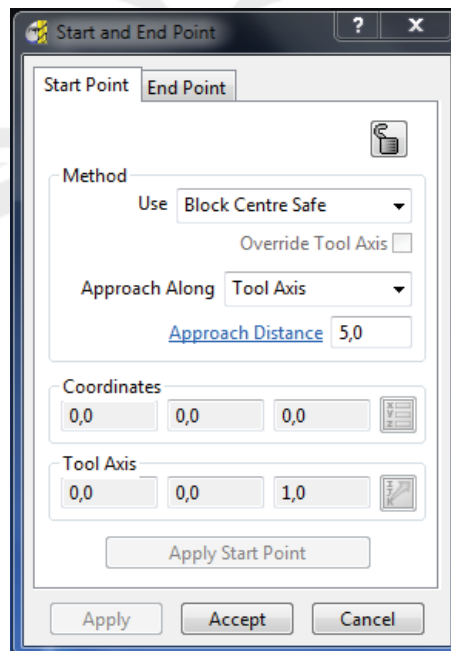
Gambar 2.8 Menu *Leads and Links*

(Sumber : PowerMill 14)

e. *Start and End Point*



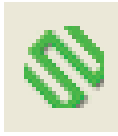
Lambang dari menu *Start and End Point* ditunjukkan pada gambar disamping. Menu *Start and End Point* digunakan untuk mengatur titik awal pemakanan *cutter* pada material.



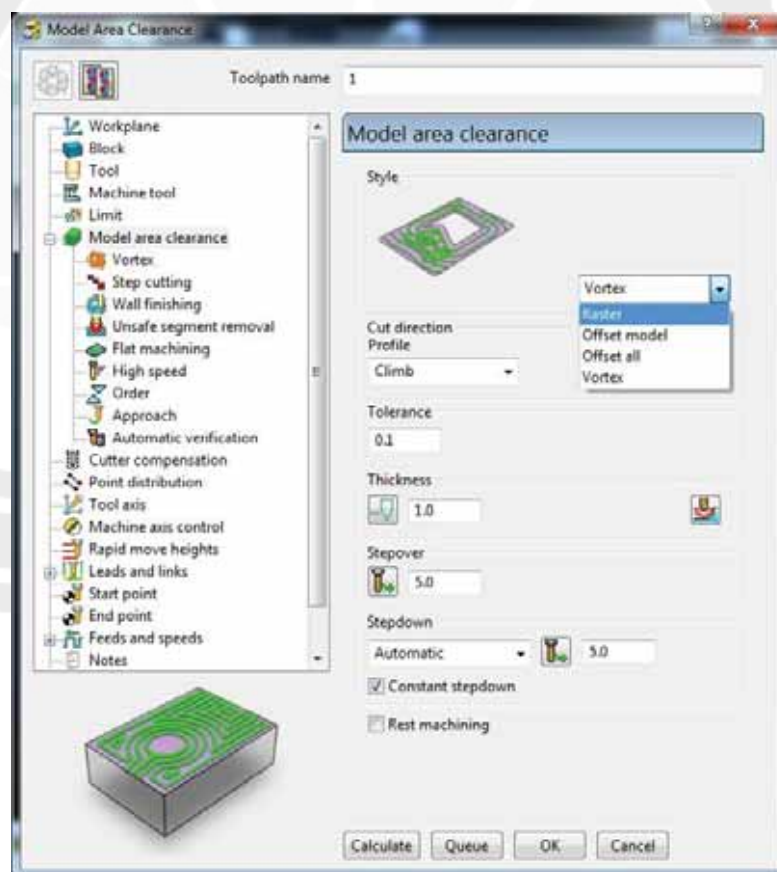
Gambar 2.9 Menu *Start and End Point*

(Sumber : PowerMill 14)

f. *Toolpath Strategy*



Lambang dari menu *Toolpath Strategy* ditunjukkan pada gambar di sebelah kiri tulisan. Menu ini berfungsi untuk menentukan *Toolpath* apa yang ingin digunakan. Penentuan *Toolpath* ini sangat berpengaruh terhadap hasil *machining* produk dan waktu proses pengerjaan. Sub menu dalam menu *Toolpath Strategy* ini antara lain adalah *2,5D Area clearance*, *3D Area clearance*, *Blisk*, *Drilling*, *Favourite*, *Finishing* dan *Ports*. Disetiap sub menu tersebut terdiri dari berbagai macam *strategy* pergerakan *cutter* yang dapat kita pilih. *Toolpath strategy* yang terdapat pada PowerMILL 14 hampir mirip dengan yang terdapat pada versi-versi sebelumnya. Perbedaannya hanya terdapat pada *strategy roughing* yang terdapat *vortex strategy*. Berikut perbedaan yang terdapat pada *strategy roughing Model area clearance*.



Gambar 2.10 *Toolpath model area clearance*

(sumber : PowerMILL 14)

Perbedaan *toolpath strategy vortex* pada PowerMILL 14 adalah pada proses pemakanan benda kerja. Pada *strategy* konvensional pemakanan yang

terjadi menggunakan bagian bawah *tip cutter*. Hal ini membutuhkan proses perpindahan *cutter/tool* pada saat berada di bagian ujung benda kerja yang memakan cukup banyak waktu. Sedangkan pada *vortex strategy* proses pemakanan benda kerja menggunakan bagian samping *tip cutter*. Penghematan waktu gerakan *cutter* pada saat berada di ujung benda mengakibatkan *strategy* ini mampu menghemat waktu hingga 60%. Gambar di bawah menunjukkan perbedaan *strategy* konvensional dengan *strategy vortex*.



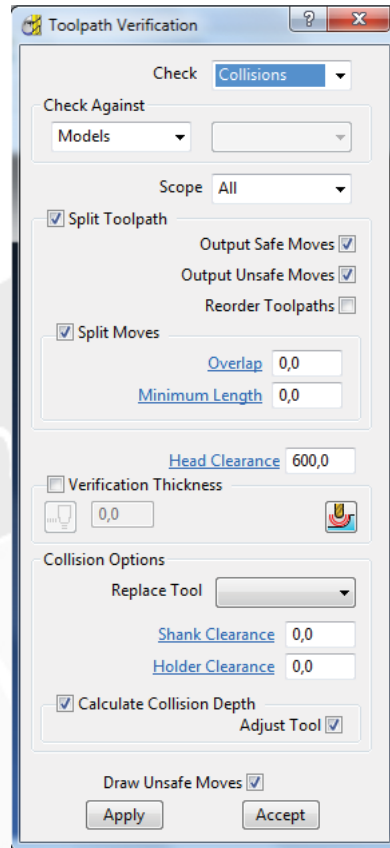
Gambar 2.11 Perbandingan *Conventional* dan *Vortex strategy*

(sumber: Delcam, 2013)

g. *Toolpath Verification*



Lambang dari menu *Toolpath Strategy* ditunjukkan pada gambar di sebelah kiri tulisan. Menu ini berfungsi untuk memverifikasi *tool* dengan *Toolpath* yang telah dibuat dengan tujuan untuk mengecek supaya tidak terjadi kesalahan atau tabrakan antara *tool* dengan model yang dibuat. Pada gambar 2.12 akan ditunjukkan menu pada *Toolpath verification* ini.



Gambar 2.12 Toolpath Verification

(Sumber : PowerMill 14)

Terdapat dua jenis pengecekan yang dapat dilakukan yaitu *check collisions* dan *check gouges*.

2.2.4. Milling

Proses pengerjaan logam dalam dunia manufaktur ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin, hingga pengerjaan logam secara mekanis.

Pengerjaan mekanis logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun pengerjaan *finishing*. Dalam pengerjaan mekanis dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin frais atau juga biasa disebut dengan mesin *milling*. Proses mesin *milling* adalah proses yang menghasilkan *chips* (beram). *Milling* menghasilkan permukaan yang datar atau berbentuk profil pada ukuran yang ditentukan dan kehalusan atau kualitas permukaan yang ditentukan.

Proses milling memiliki perhitungan sehingga pada pengerjaannya tidak terjadi pemborosan *cutter*. Waktu permesinan yang digunakan untuk melakukan proses *milling* pada mesin-mesin *milling* dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan berikut ini :

1. Jumlah pemakanan

$$a = (\text{tebal awal} - \text{tebal akhir})/a_p$$

2. panjang total pemakanan

$$L_m = L \cdot a$$

3. Putaran mesin (n)

$$n = \frac{1000 \times CS}{\pi \times d} \text{ rpm}$$

4. kecepatan pemotongan

$$V_f = f_z \cdot z \cdot n$$

5. Waktu permesinan

$$T_m = \frac{L_m}{V_f}$$

Dimana:

Cs = *cutting speed* (m/menit)

D = diameter *cutter* yang digunakan (mm)

L = panjang pemakanan pahat dalam sekali jalan (mm)

f_z = *feed per tooth* (mm/menit)

z = jumlah *insert* pada mata pahat

a = jumlah pemakanan

a_p = kedalaman dalam sekali pemakanan

2.2.5. Numerical Control

Numerical Control (NC) adalah suatu bentuk dari sistem terotomasi yang menggunakan variabel input untuk mengontrol jalannya peralatan produksi. Variabel input ini berupa serangkaian kode berisi angka, huruf dan simbol yang mendefinisikan sebuah program instruksi untuk menjalankan suatu pekerjaan. Program instruksi akan berubah sesuai dengan perubahan yang terjadi pada suatu pekerjaan. Kemampuan NC untuk merubah program sesuai dengan pekerjaan menyebabkan NC cocok digunakan untuk produksi dengan *volume* rendah dan sedang. Aplikasi dari *Numerical Control* terbagi dalam dua kategori, yaitu :

- a. Aplikasi pada *machine tool*, seperti pada mesin drill, mesin *milling*, dan mesin-mesin perkakas yang lain.
- b. Aplikasi pada *non machine tool*, misalnya pada *assembly*, *drafting* dan inspeksi.

Komponen utama dari sistem *Numerical Control* adalah program instruksi, *machine control unit* dan peralatan produksi.

Program instruksi merupakan detail tiap langkah perintah yang ditujukan untuk menjalankan mesin. Program instruksi ini berupa kode-kode. *Machine control unit* (MCU) terbagi menjadi dua elemen, yaitu *data-processing unit* (DPU) dan *control-loops unit* (CLU). DPU memproses kode-kode program instruksi dan memberikan informasi operasi ke CLU. CLU mengoperasikan mekanisme gerakan mesin, menerima sinyal *feedback* dari posisi aktual dan memberitahukan ketika sebuah operasi telah selesai dikerjakan. Peralatan produksi, yaitu mesin-mesin yang digunakan adalah komponen pokok ketiga dari suatu sistem NC.

2.2.6. Computer Numerical Control

Dewasa ini *Numerical Control* dikembangkan menjadi *Computer Numerical Control* (CNC). CNC sendiri merupakan peralatan elektromekanikal yang membaca dan menginstruksikan program instruksi dan mengubahnya menjadi tindakan mekanikal pada peralatan mesin dengan menggunakan *microprocessor* sebagai unit pengontrol.

Mesin-mesin perkakas yang menggunakan CNC disebut dengan mesin CNC. Untuk mengoperasikan mesin-mesin CNC diperlukan *software*. *Software* yang digunakan adalah *operating system software* dan *machine interface software*. *Software* digunakan untuk *Operating system* menginterpretasikan program korespondensi antara kontrol mesin. *Machine interface* mengoperasikan *link* antara NC dan membangkitkan sinyal dengan *drive* dari *software* digunakan untuk komputer dan mesin CNC sehingga mesin dapat beroperasi.

Mesin CNC yang terhubung dengan komputer tidak hanya memungkinkan operator untuk menjalankan program tetapi juga memodifikasi program tersebut, baik setelah diinputkan ataupun dijalankan.

2.2.7. Mesin Milling CNC

Mesin-mesin produksi dewasa ini sudah berkembang sesuai dengan tuntutan produksi yang semakin meningkat, salah satunya adalah mesin *milling* CNC. *Input* yang digunakan untuk menjalankan mesin *milling* CNC adalah program *Numerical Control*, program ini berupa serangkaian kode-kode yang dinamakan *G-Code*. Mesin *milling* CNC dilengkapi dengan *operating* panel untuk memasukkan perintah berupa *G-Code*, selain itu terdapat main drive yang berupa motor DC.

