

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Jurnal

Penelitian Nicola (2012) membahas tentang pembuatan *packaging* cokelat dengan bentuk Candi Prambanan. Dalam penelitian yang dilakukannya, digunakan metode kreatif yakni *brainstorming* dan sinektik. Setelah didapatkan gambaran desain yang diinginkan, dilanjutkan dengan proses pendesainan dengan software *PowerShape 7240* dan *PowerMill 8*. Proses permesinan menggunakan mesin Roland MDX-40 dan bahan yang digunakan dalam pembuatan pola cetakan adalah kayu pinus.

Chandra (2013) melakukan penelitian tentang pola cetakan *packaging* cokelat bentuk Menara Kudus dan *packaging* dari cokelat bentuk Menara Kudus dengan bahan *Polyvinyl Chloride (PVC) rigid sheet plastic*. Metode yang digunakan dalam perancangan adalah *systematic approach* (Pendekatan sistematis). Perancangan CAD pola cetakan *packaging* cokelat bentuk Menara Kudus menggunakan software *3D PowerSHAPE 2012* dan CAM menggunakan *PowerMILL 2012*. Proses permesinana dilakukan menggunakan mesin *Roland MDX-40*. Material yang digunakan dalam pembuatan pola cetakan *packaging* cokelat bentuk Menara Kudus adalah kayu pinus dan pembuatan *packaging* cokelat bentuk Menara Kudus menggunakan *Polyvinyl Chloride (PVC) rigid sheet*. Proses pembuatan *packaging* cokelat bentuk Menara Kudus menggunakan proses *thermoforming*.

Tujuan dari penelitian yang sekarang adalah untuk mendapatkan *prototyping packaging* cokelat berbentuk Tugu Yogyakarta dan *packaging* cokelat Tugu Yogyakarta dengan bahan Plastik PVC. Perancangan desain (CAD) *packaging* menggunakan software *3D PowerShape 2012* dan perancangan CAM *packaging* menggunakan software *PowerMill 2012*. Proses permesinan dilakukan dengan menggunakan mesin CNC YCM 1020 A. Bahan baku yang digunakan dalam memproduksi *prototype packaging* adalah Ebalta dan untuk proses pembuatan *packaging* Tugu Yogyakarta dengan bahan Plastik PVC adalah dengan proses *Thermoforming*.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang sekarang, dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Tabel 2.1. Tabel Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Sekarang

DESKRIPSI	PENELITIAN		
	Nicola (2012)	Chandra (2013)	Sekarang
OBJEK PENELITIAN	Packaging cokelat bentuk Candi Prambanan	<i>Packaging</i> untuk cokelat bentuk Menara Kudus	<i>Packaging</i> untuk cokelat bentuk Tugu Yogyakarta
TUJUAN PENELITIAN	Mendapatkan desain model <i>packaging</i> , pola kemasan, dan <i>prototype packaging</i> cokelat bentuk Candi Prambanan	Memperoleh <i>packaging</i> cokelat bentuk menara kudus sesuai keinginan dari CV.X	Mendapatkan hasil rancangan kemasan dan <i>prototype</i> kemasan cokelat bentuk Tugu Yogyakarta
METODE	Metode Kreatif	Pendekatan Sistematis	Pendekatan <i>Design for Functionality</i>
HASIL PENELITIAN	Hasil akhir desain <i>packaging</i> , pola kemasan, dan <i>packaging</i> cokelat bentuk Candi Prambanan	Hasil akhir pola cetakan <i>packaging</i> dan <i>packaging</i> cokelat bentuk Menara Kudus	Hasil akhir pola cetakan <i>packaging</i> dan <i>packaging</i> cokelat bentuk Tugu Yogyakarta

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Packaging

Packaging atau kemasan yang terdapat pada suatu produk dapat diartikan sebagai wadah atau pembungkus yang berguna untuk mencegah kerusakan-kerusakan yang mungkin terjadi pada produk yang dikemasnya. Seperti yang sudah dijelaskan diatas, bahwa kemasan dibedakan menjadi beberapa tingkatan yaitu kemasan primer, sekunder, tersier dan kemasan kuartener. Kemasan primer adalah kemasan yang bersentuhan langsung dengan produk, contohnya kaleng logam, botol kaca, kertas karton, dan kantong plastik. Sedangkan kemasan sekunder merupakan kemasan produk yang kedua, dan biasanya berisi sejumlah kemasan primer dan terkadang dirancang sedemikian rupa untuk menampilkan kemasan dan produk yang utama. Untuk kemasan tersier, terdiri dari sejumlah kemasan sekunder. Contoh yang paling umum mengenai kemasan tersier adalah *pallet*. Dalam perdagangan Internasional, kemasan kuartener sering digunakan untuk dijadikan fasilitas dalam menangani kemasan tersier. Dan umumnya merupakan wadah logam hingga panjang 40 m yang dapat menyimpan banyak *pallet*. (Robertson, 2010).

Adapun empat fungsi utama dan saling berhubungan dari sebuah *packaging* adalah sebagai penahan (*containment*), pelindung (*protection*), kenyamanan (*convenience*), dan sebagai sarana komunikasi (*communication*). (Robertson, 2006 di dalam Robertson, 2010).

a. Kemasan sebagai Penahan.

Fungsi kemasan ini sangat umum dan sangat jelas terlihat, dan juga merupakan fungsi yang paling mendasar dari sebuah kemasan produk. Fungsi kemasan sebagai penahan memiliki kontribusi yang sangat besar dalam menjaga produk tetap aman pada saat produk tersebut berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya.

b. Kemasan sebagai Pelindung.

Tujuan utama dari kemasan dengan fungsi sebagai pelindung adalah untuk melindungi isi yang terbungkus didalamnya dari lingkungan luar seperti debu, bakteri, guncangan, dan lainnya.

c. Kemasan sebagai Kenyamanan.

Kemudahan dalam menggunakan, mengkonsumsi atau memakai produk adalah salah satu fungsi kemasan dalam hal kenyamanan-nya terhadap konsumen yang menggunakan produk tersebut. Sebagai contoh, air minum kemasan botol yang

dedesain sedemikian rupa guna mempermudah konsumen dalam membuka dan menutup dengan mudah saat berada di perjalanan atau kendaraan.

d. Kemasan sebagai Sarana Komunikasi.

Terdapat istilah “sebuah *packaging* harus melindungi apa yang dijualnya dan menjual apa yang dilindunginya” sehingga kemasan tersebut juga berperan sebagai “*silent salesman*”. Maksudnya adalah tidak hanya berperan sebagai pelindung, tetapi sebuah kemasan harus memiliki kekuatan dalam menarik minat konsumen untuk membeli produk yang ditawarkannya dengan pesan yang diisyaratkan pada kemasannya tersebut baik berupa gambar, grafik maupun kata-kata menarik.

Hampir 70% kemasan digunakan untuk makanan dan minuman, selebihnya digunakan untuk obat-obatan, kosmetik, pakaian maupun alat elektronik. (Limited, 2012). Dalam pengemasan makanan, bahan-bahan yang umum digunakan antara lain kertas, metal (berupa kaleng), maupun plastik.

2.2.2. Polivinilclorida (PVC)

Polivinil clorida biasa disingkat *PVC*, adalah polimer termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian didunia setelah *polietilena* dan *polipropilena*. Di seluruh dunia, lebih dari 50% *PVC* yang diproduksi dipakai dalam konstruksi. Sebagai bahan bangunan, *PVC* relatif lebih murah, tahan lama dan mudah dirangkai. *PVC* dapat dibuat menjadi lebih elastis dan fleksibel dengan penambahan *plasticizer*, umumnya ftalat. *PVC* yang fleksibel ini umumnya dipakai untuk bahan pakaian, perpipaan, atap dan instalasi kabel listrik. Selain itu, *PVC* juga merupakan bahan plastik yang aman bagi makanan (food Grade); oleh karena itu, biasanya *PVC* digunakan untuk pembungkusan makanan dan botol minum.

PVC diproduksi dengan cara polimerisasi monomer vinil klorida. Karena 57% massanya adalah klorida, *PVC* adalah polimer yang menggunakan bahan baku minyak bumi terendah diantara polimer lainnya. Daur ulang *PVC* saat ini tidak populer karena biaya untuk menghancurkan dan memproses kembali resin *PVC* lebih mahal daripada membuat *PVC* dari bahan bakunya.

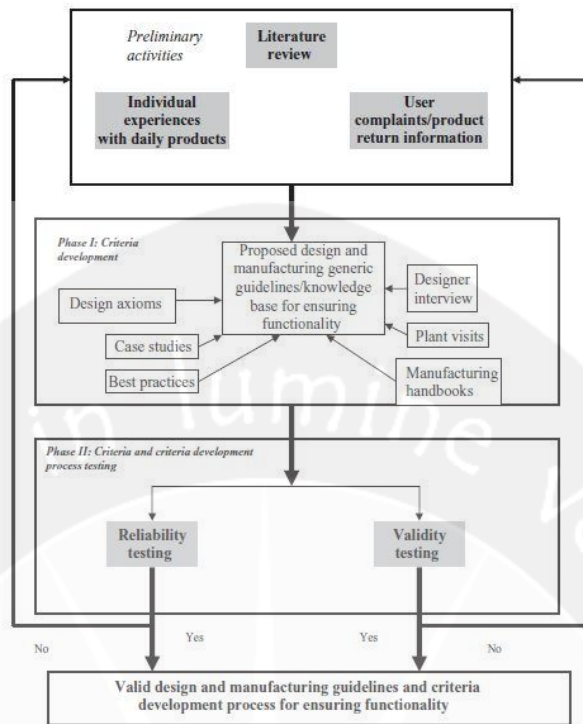
Selain *PVC*, menurut (Limited, 2012) terdapat 15 polimer plastik (organik dan polimer alami) lainnya, antara lain:

- *Low Density Polyethylene (LDPE)*
- *High Density Polyethylene (HDPE)*
- *Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)*
- *Polypropylene (PP)*
- *Polystyrene (PS)*
- *Polyethylene Teraphthalate (PET)*
- *Polyamide (PA)*
- *Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)*
- *Styrene Acrylonitrile (SAN)*
- *Polyethylene Naphthalate (PEN)*
- *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)*
- *Ethylene Vinyl Alcohol (EVOH)*
- *Poly Vinyl Alcohol (PVOH)*
- *Polycarbonate (PC)*
- *Poly Lactic Acid (PLA)*

Selain karakteristik diatas, PVC juga memiliki sifat yang tipis, elastis namun cukup kuat, transparan dan memiliki daya tahan yang baik untuk senyawa kimia (*acids* dan *bases*), lemak dan minyak. (Marsh & Bugusu, 2007).

2.2.3. Design For Functionality

Desain fungsional sangat berperan penting dalam memastikan kualitas desain dan inovasi produk. Produk yang bermasalah pada fungsi utamanya tidak akan laku, walaupun memiliki detail produk yang mutakhir/canggih sekalipun. Banyak contoh yang ada, produk yang dipasarkan dan dijual sebagai kemutakhiran/kecanggihan fitur yang ditawarkan produsen ke konsumen tetapi gagal menunjukkan kemampuannya berdasarkan fungsi yang dimaksudkan dan juga dengan cara yang sangat tidak memuaskan. Misalnya saja, "*The Eastman Kodak disk camera*" kamera yang memiliki hampir 40 fitur kegunaan didalamnya. Namun, karena "*noise*" dalam sinyal output dan efek negatif dari kualitas gambar saat kamera mengambil foto, kamera Kodak tersebut dianggap sebagai sebuah kegagalan (kamera gagal menyediakan fungsi yang dimaksudkan, yaitu mengambil gambar dengan hasil yang bagus).



Gambar 2.1. *Method For Functionality*

(Sumber : (Mital, Desai, Subramanian, & Mital, 2008))

Penggunaan metode dengan pendekatan *design for functionality* ini, ditujukan untuk mendapatkan kriteria produk untuk kemasan coklat nantinya agar kemasan tersebut sesuai dengan fungsi-fungsi yang diharapkan oleh pihak UMKM. Gambar diatas (gambar 2.1) merupakan gambaran dari metode yang diusulkan untuk menyelesaikan permasalahan desain berdasar pada fungsi.

Pada metode tersebut, terdapat tiga fase yaitu fase awal atau fase pengenalan masalah, dan yang kedua adalah fase pengembangan kriteria yang terdiri dari beberapa pendalaman materi seperti studi kasus, *best practices* hingga wawancara desain. Dan fase ketiga merupakan fase *Process Testing* (*Reliability Testing* dan *Validity Testing*). *Reliability Testing* terfokus pada seberapa baik konsistensi pengukuran (teknik atau proses yang dipakai), sedangkan *Validity Testing* terfokus pada seberapa baik teknik atau proses yang digunakan untuk mengukur. (Mital et al., 2008).

2.2.4. Software PowerShape 2012

Software CAD PowerSHAPE (PS) 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 *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 desainer.

PowerSHAPE adalah sebuah paket software pemodelan, dimana didalamnya meliputi *modul basic functionality* dan *several specialized*; *PS-Drafts* (untuk membuat gambar secara detail), *PS-Mold* (untuk membuat *mold tools*), *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 2012*. Pertama kali, sebagai tampilan awal maka layar akan tampak seperti di gambar 2.2.



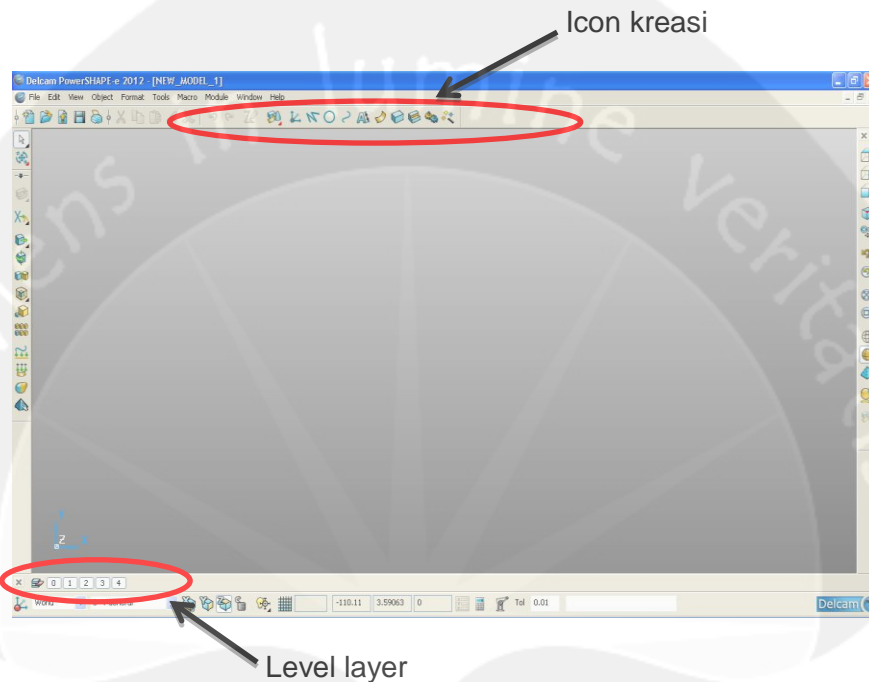
Gambar 2.2. Tampilan Awal PowerSHAPE 2012

(Sumber: Delcam, 2012)

PowerSHAPE secara otomatis akan membuka dokumen baru sebagai *new project*, model gambar baru yang sudah kita gambar dapat disimpan dalam file baru ataupun disimpan sebagai perbaikan atau revisi dari *file* yang dibuka

sebelumnya. *PowerSHAPE* memiliki kemampuan membuka beberapa data untuk kemudian melakukan proses pengkopian data dari data yang satu ke yang lain.

Selanjutnya di gambar 2.3. adalah *level and colour selections*, *layer icon* dinamakan *level*, ketika *icon* ini diklik maka akan tertampil daftar secara mendaftarkan *level-level* dari *item-item model* atau bagian-bagian gambar.



Gambar 2.3. *Icon* Kreasi dan *Level Layer*
(Sumber: Delcam, 2012)

Yang termasuk dalam *Icon* kreasi (*The creation Icons*) adalah *selector*, *workplane*, *point*, *line*, *arc*, *curve*, *surface* dan *solid*. *Icon* ini menunjukkan isi dari masing-masing *Icon* kreasi, ini akan menyediakan pilihan-pilihan dari masing-masing *Icon* yang dipilih.

Pada bagian bawah layar adalah *Workplane selector*, *Principal Plane selector*, *the grid definition*, *the cursor positions*, *the tolerance* and *the XYZ position input area*.

a. Mouse

Masing-masing dari ketiga tombol mouse memiliki operasi yang berbeda dengan menggunakan *ALT*, *Ctrl* or *Shift* key di dalam *PowerSHAPE*.



Tombol kiri *mouse*: *Picking* dan *selecting*. Tombol ini digunakan untuk memiliki item dari menu, menginputkan data serta memilih bagian dari model ini.



Tombol tengah mouse atau *wheel*: *dynamics*. *Zooming*: tekan-tahan tombol *Ctrl* dan gerakan *wheel* keatas untuk memperbesar dan ke bawah untuk memperkecil. *Panning*: tekan-tahan tombol *Shift* dan juga dengan tombol *wheel* kemudian gerakan *mouse* ke arah yang ingin kita lihat. *Rotating*: tekan-tahan *wheel* dan gerakan *mouse* maka sudut pandang akan berputar sesuai dengan arah gerakan *mouse*. *Wheel* dapat juga digunakan untuk *scrool text*.



Tombol kanan *mouse*: *special menus* (menu spesial). Ketika tombol ini ditekan maka akan muncul menu baru pada *pointer*. Jika tidak memilih apapun maka *view menu* akan muncul. Jika garis yang dipilih misalnya, maka menu garis (*line*) akan muncul.

b. Standard Views

Dengan memilih ke *axis* atau arah dari *axis* tersebut akan mempengaruhi *Workplane* yang aktif ataupun *world orientations*. Ketika *Icon* dipilih maka model akan ditampilkan dari sudut pandang *Icon* tersebut.

- Kanan - melihat model dari arah X-axis
- Depan - melihat model dari arah Y-axis
- Atas - melihat model dari arah Z-axis
- Kiri – melihat model ke arah X-axis
- Belakang – melihat model ke arah Y-axis
- Bawah – melihat model ke arah Z-axis
- *Iso 1* – memperlihatkan pandangan standar *Isometric*
- *Iso 2* – memperlihatkan pandangan *Isometric* dirotasikan 90° terhadap Z-axis
- *Iso 3* – memperlihatkan pandangan *Isometric* dirotasi 180° terhadap Z-axis
- *Iso 4* – memperlihatkan pandangan *Isometric* dirotasi 270° terhadap Z-axis

- Membagi pandangan dari depan, atas samping dan *Isometric* menggunakan *3rd angle projection*.
- Membagi pandangan memperlihatkan depan, atas, samping dan *Isometric* menggunakan *1st angle projection*.

Keyboard shortcut untuk *view* adalah, *Alt + 1*, untuk *Iso 1*. Dengan mengaktifkan *Num Lock* pada *keyboard*, kita juga dapat menggunakan *number pad* dengan tombol *Alt* untuk mengubah pandangan. Di sini juga ditampilkan *perspective mode option*, di mana model ditampilkan dalam berbagai sudut pandangan yang lebih nyata dengan bagian yang terdekat ditampilkan seolah lebih besar dari bagian yang lebih jauh.

c. Variable Views

Sembilan *Icon variable* selanjutnya meliputi variasi dari *viewing option*, meliputi *zooming* dan *panning*.

- *Resixe view* – mengepaskan ukuran model kedalam layar/area gambar (*graphics window*).
- *Zoom in* – memperbesar ukuran model/gambar
- *Zoom out* – memperkecil ukuran model/gambar
- *Zoom 1:1* – menampilkan model pada ukuran sebenarnya
- *Zoom center* – menempatkan daerah/area pada bagian model untuk di *zoom in* atau di *zoom out*
- *Zoom window* – menempatkan kkotak pada bagian model untuk di *zoom*.
- *Pan* – menggerakkan (menempatkan) model tanpa merubah ukuran maupun rotasinya.
- *Rotate mode* – ketika dipilih maka gerakan *mouse* akan merotasi pandangan terhadap model.
- *Last view* – mengubah tampilan pada tampilan langkah sebelumnya.

d. Model display option

Icon-icon di bawah ini mengontrol bagaimana model akan ditampilkan.

- *Smoothess shading* – menampilkan model dengan efek berlapis tipis untuk menunjukkan kehalusan.
- *Wireframe view* – menampilkan model jika terbuat dari garis.

- *Hidden wire* – menampilkan model jika terbuat dari garis tapi tidak menampilkan garis yang terletak di dalam model.
- *Shaded view* – menampilkan model jika terbuat dari *solid* material
- *Transparent view* – menampilkan model jika model itu transparent.
- *Shaded wire* – menampilkan model sebagai tetapi solid tetapi juga menunjukkan alur *wireframe*-nya.
- *Render view* – menampilkan model secara rendered view.
- *Toggle inside material* – menunjukkan material yang didalam model apakah shaded atau tidak.

e. PowerSHAPE Models

Model PowerSHAPE dapat berisi dari bagian-bagian yang bervariasi, tapi pada dasarnya dapat dikategorikan menjadi tiga macam; *wireframe*, *surface*, dan *solids*.

- *Wireframe in PowerSHAPE (wireframe pada PowerSHAPE)*

Yang termasuk *wireframe* adalah *lines* (garis), *arcs* (garis lengkung), *curves* (kurva), *text* (huruf), *dimension* (ukuran), dan *points* (titik).

- *Solid in PowerSHAPE (solid pada PowerSHAPE)*

Solid terbuat langsung dari *wireframe* atau *surface* atau dapat juga dibuat dari *primitive surfaces*. *Solid* adalah bangun tertutup yang memuat informasi tentang isi di dalamnya.

- *Surface in PowerSHAPE (surface pada PowerSHAPE)*

Surface didefinisikan sebagai bidang dan area dari model yang dapat dibuat dan dimanipulasi dalam berbagai macam cara untuk membuat model yang akhirnya dapat di-*machining*. *Surface* dapat juga di ubah-ubah dengan dua tipe. Secara umum *surface* terbuat dari *wireframe* atau juga dapat dibentuk langsung dari *surface primitive*.

f. Blanking

Blanking adalah fasilitas yang sangat berguna dalam *PowerSHAPE*. Ketika kita tidak menampilkan (*blank*) satu atau beberapa *item*, kita dapat tidak menampilkan tanpa harus menghapus. Untuk menampilkan semua *blanked object* kembali pada tampilan *layer*, digunakan *Unblank option*. Hal ini sangat berguna ketika model yang dibuat sangat kompleks.

Dua pilihan untuk blanking adalah *blank selected* dan *blank except*. *Blank selected* akan menyembunyikan semua *object* yang dipilih. *Blank except* akan menyembunyikan semua kecuali *object* yang dipilih.

g. Workplanes

Workplanes dapat dibuat pada titik yang diketahui. Workplane form dapat memodifikasi workplane dengan merubah posisinya, rotasinya, dan sebagainya. Ini dapat juga digunakan untuk membuat workplane active or deactive. Ketika workplane active maka akan ditampilkan berwarna merah dan ditampilkan lebih besar pada layar. Ketika workplane tidak aktif maka akan ditampilkan berwarna abu-abu dan dengan ukuran yang lebih kecil.

- *Twisting and Aliging Workplanes*

Workplanes dapat dirotasikan pada sumbu mereka X, Y, atau sumbu Z.

- *Workplane Toolbar*

Pada bawah pojok kiri adalah workplane toolbar. Pilih panah ke bawah untuk memilih workplane yang lain untuk diaktifkan ataupun untuk mengubah nama.

- *Master workplane*

Di dalam PowerSHAPE model kita dapat merancang workplane sebagai master Workplane. Master workplane ini memperlihatkan dengan thicker lines to distinguish dari lainnya. Jika *active workplane* lainnya di-*deactivated*, *instead of PowerSHAPE* kembali ke *world co-ordinate system* dan akan mengaktifkan *Master workplane*. *Text* mengindikasikan nama dari *active workplane* dan dari *plane* yang sedang kita kerjakan. Ketika tidak ada *active workplane* maka *grid* akan *otomatis default to the world co-ordinates*.

h. Surface

- *Automatic surfacing*

Menu automatic surfacing merupakan pilihan surface termudah. Dengan composite curve yang telah ada, dapat dibuat surface seperti pilihan yang ada. Beberapa pilihan dari automatic surfacing antara lain: from network, from separate, developable, fill-in, drive curve, two-rails, plane of best fit, from triangle, dan network over triangle. Pilihan automatic surfacing yang sering digunakan adalah fill-in yang mengisi sesuai wireframe yang ada dan drive curve yang membuat surface dari beberapa composite curve.

- *Primitive Surface*

Ada 2 tipe *primitives* PowerSHAPE, *surface* dan *solid*. *Solid primitive* menu dapat ditemukan pada *solids pull down* menu. Terdapat 6 *primitive surface* dalam PowerShape, *plane, box, sphere, cylinder, cone* dan *torus*. *Primitive surface* ini dibuat secara otomatis dan merupakan *starting point* yang baik untuk berbagai *model*. *Primitive surface* diwarnai dengan warna berbeda yang memberikan ciri dari *surface option* yang lain. Masing-masing *primitive*, ketika dibuat telah diberikan ukuran tertentu pada layar. Ukuran ini dapat diubah seperti yang kita inginkan. *Primitives* dapat juga di *moved, copied, rotated, intersected* dan *filleted* dalam format ini. Jika kita ingin mengubah bentuk suatu permukaan *primitive* dengan pada suatu titik atau menambahkan bagian *extra*, maka harus dikonversi ke *Power surface* dulu. Dengan semua *primitives* mereka dibuat pada arah *Principle Axis*. Jumlah *lateral* dibuat dengan *primitive depends* termasuk juga nilai toleransinya. Untuk toleransi 0.1, *silinder* memiliki 4 *laterals* dan 8 dengan dengan toleransi 0.01.

- *Surface Revolution*

Surface dari hasil operasi *revolution*, atau *solid revolution* dibuat dengan *me-revolving* garis tunggal atau *composite curve* mengitari *specified principle plane*.

- *Surface Extrusion*

Primitive extrusion dapat memberikan panjang *extra* dengan menginputkan nilai yang diinginkan. *Extrusion* dapat diberikan juga sudut kemiringannya baik positif atau negative. *Keep wireframe option* akan menjaga *original wireframe* digunakan untuk membuat *extrusi*. The *origin of extrusion* dapat dipindahkan dan *complete extrusion* dapat di *twisted* atau *aligned* ke suatu *axis*.

- *Split Surface*

Split surface dalam fungsi *surface* untuk membuat *surface* dari *wireframe* yang telah dibuat. Fungsi ini dapat untuk membuat permukaan dari *composite curve* berbentuk *splitline* hingga menjadi sebuah *split surface*. Gambar berikut adalah contoh *split surface*.

- *Surface Extension*

Surface extension berfungsi untuk memberi perpanjangan pada *surface* yang telah ada. Caranya dengan mengklik pada rangka *surface* yang akan diperpanjang kemudian aktifkan fungsi *surface extension*.

i. Solid

- *Create solid from selected surface*

Solid dapat dibangkitkan melalui *surface* dengan menggunakan *Icon Create solid from selected surface* (gambar 2.4).



Gambar 2.4. *Icon Create Solid from Selected surface*



- *Create one or more solid extrusions*

Solid dapat dibangkitkan dengan meng-*extrude* sebuah atau beberapa *wireframe* dengan cara men-*select wireframe* tersebut kemudian klik *Icon extrude solid*.

- *Add, remove, intersect the selected solid, surface or symbol from the active solid*

Ketika dapat menggabungkan/menambah, men-*substract*, ataupun *intersect* ke dalam *solid* aktif.

Langkah melakukan operasi ini adalah:


- Pastikan *solid* aktif.
- Select object yang hendak digabungkan/ditambah, di-*substract*, ataupun di-*intersect* ke *solid* aktif.
- Klik Icon  untuk menambah/menggabungkan; klik Icon  untuk mensubstract; atau klik Icon  untuk intersect.

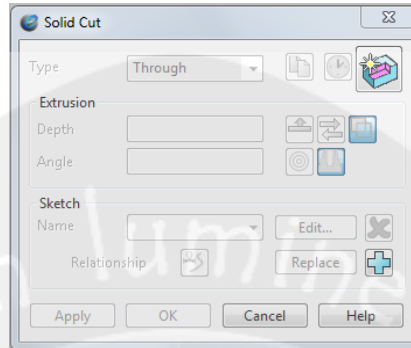
- *Create solid cut feature*

Melakukan proses *cut feature* yaitu melakukan bentuk suatu potongan pada *solid* aktif dengan menggunakan *wireframe* (gambar 2.5.)

Langkahnya adalah sebagai berikut :

- Pastikan *solid* yang hendak dipotong tersebut sudah aktif.


- Select wireframe. Wireframe tersebut harus closed dan planar.
- Klik *solid cut feature*  dan gunakan *dialog box* untuk mengatur pemotongan *wireframe* terhadap *solid*.

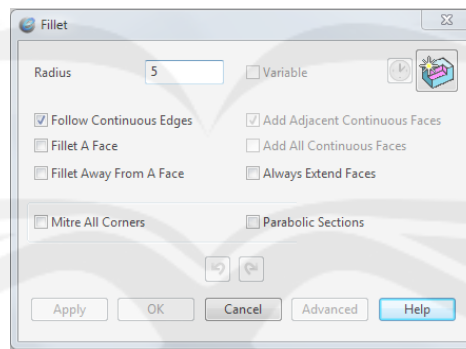


Gambar 2.5. Dialog Box Solid Cut
(Sumber: Delcam, 2012)

- *Create solid fillet*

Melakukan *fillet* pada *solid* langkahnya adalah sebagai berikutnya:

- *Solid* yang hendak di-*fillet* harus keadaan aktif.
- Klik Icon  kemudian gunakan *dialog box* untuk melakukan pengaturan *fillet*.



Gambar 2.6. Dialog Box Fillet
(Sumber: Delcam, 2012)

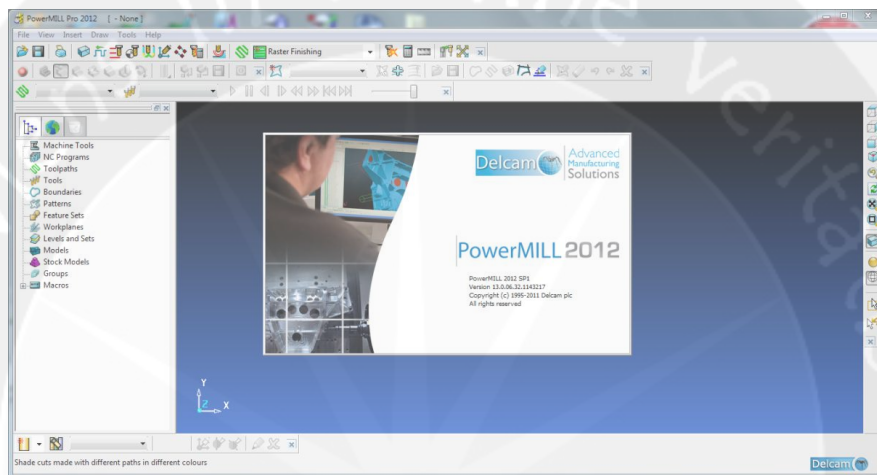
2.2.5. Software PowerMill 2012

PowerMill 2012 memiliki segalanya yang kita butuhkan untuk mengerjakan proses permesinan yang paling rumit sekalipun. Pada *software PowerMill* 2012 telah dilakukan penyempurnaan pada strategi *roughing* maupun strategi *finishing*. Dimana hasil penyempurnaan ini mampu didapatkan hasil pengerjaan yang lebih

halus namun 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.

a. Menu Utama *PowerMill 12*

Pada awal kita membuka program, pada layar akan muncul menu utama yang terdiri dari beberapa pilihan sub menu.



Gambar 2.7. Tampilan Menu Utama *PowerMill 2012*
(Sumber: Delcam, 2012)

Menu utama pada *PowerMill 12* terdiri dari :

i. 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* ini nantinya berisikan langkah-langkah permesinan dalam bahasa program.

ii. *Toolpath*

Menu *Toolpath* berfungsi untuk mengaktifkan dan bisa juga untuk melakukan *editing*, melihat estimasi waktu dari berbagai macam *Toolpath* yang telah kita buat sebelumnya.

iii. *Tool*

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.

iv. *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.

v. *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.

vi. *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.

vii. *Workplane*

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

viii. *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.

ix. *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.

x. *Stock Models*

Stock Models merupakan gabungan dari model yang telah kita buat.

xi. *Groups*

Groups merupakan kumpulan-kumpulan dari *stock models*.

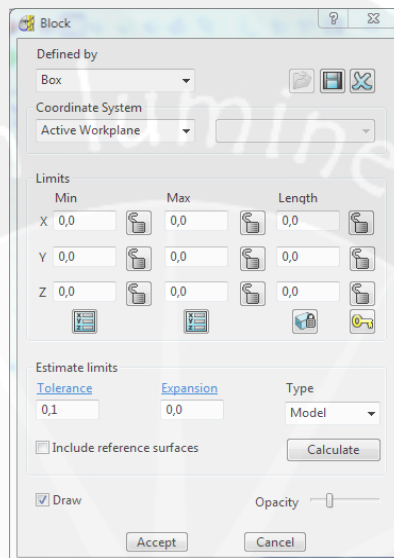
xii. *Macros*

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

b. Menu-menu Toolbar pada PowerMill 12

i. *Block*

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 2.8:

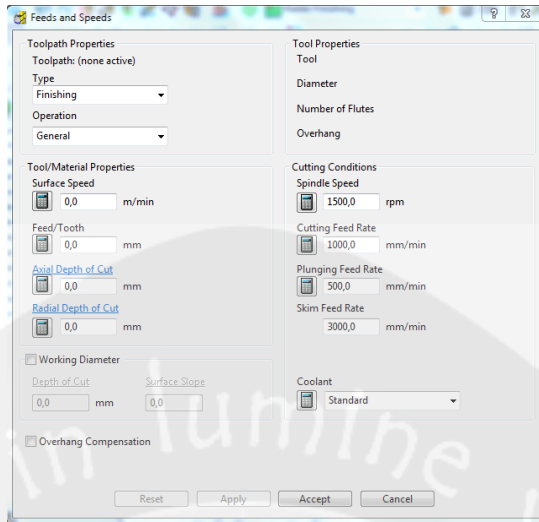


Gambar 2.8. Menu *Block Form* PowerMill 12
(Sumber: Delcam, 2012)

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.

ii. *Feed Rate*

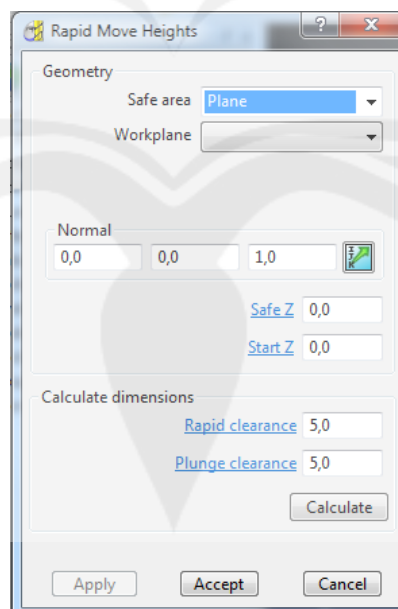
Fungsi dari menu *Feed Rate* ini adalah untuk menentukan nilai pada *rapid*, *plunge*, *cutting*, *spindle speed*, *drilling* sesuai yang kita inginkan. Melalui *Feed Rate* ini kita juga dapat menentukan jenis *collant* apa yang akan kita gunakan. Gambar dari menu *Feed Rate* ditunjukkan pada gambar 2.9:



Gambar 2.9. Menu *Feed Rate*
(Sumber: Delcam, 2012)

iii. *Rapid Move Height*

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 2.10 berikut ini.



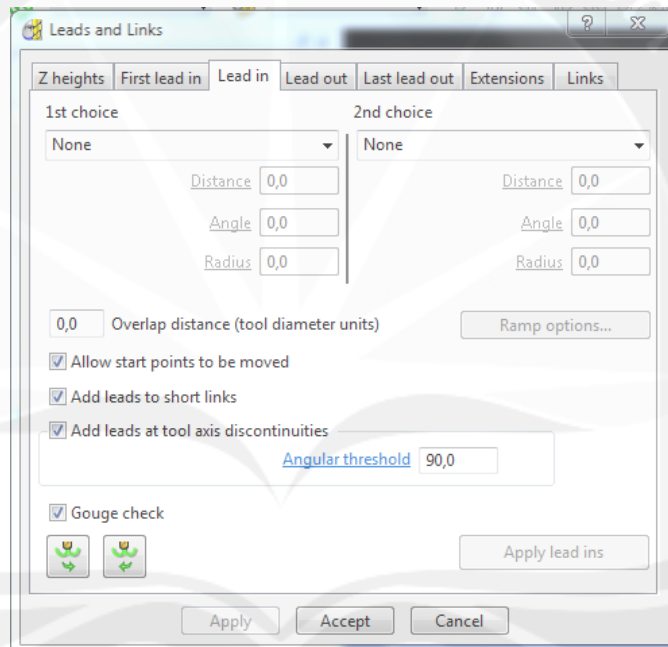
Gambar 2.10. Menu *Rapid Move Heights*
(Sumber: Delcam, 2012)

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.

iv. *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 2.11 berikut ini.

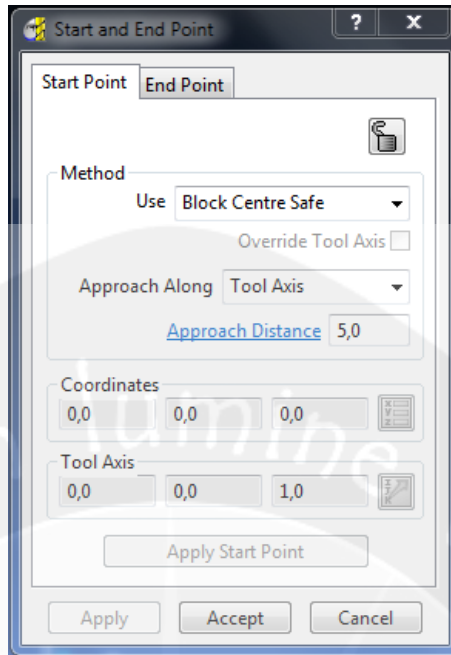


Gambar 2.11. Menu *Leads and Links*

(Sumber: Delcam, 2012)

v. *Start and End Point*

Menu *Start and End Point* digunakan untuk mengatur titik awal pemakanan *cutter* pada material.



Gambar 2.12. Menu *Start and End Point*
(Sumber: Delcam, 2012)

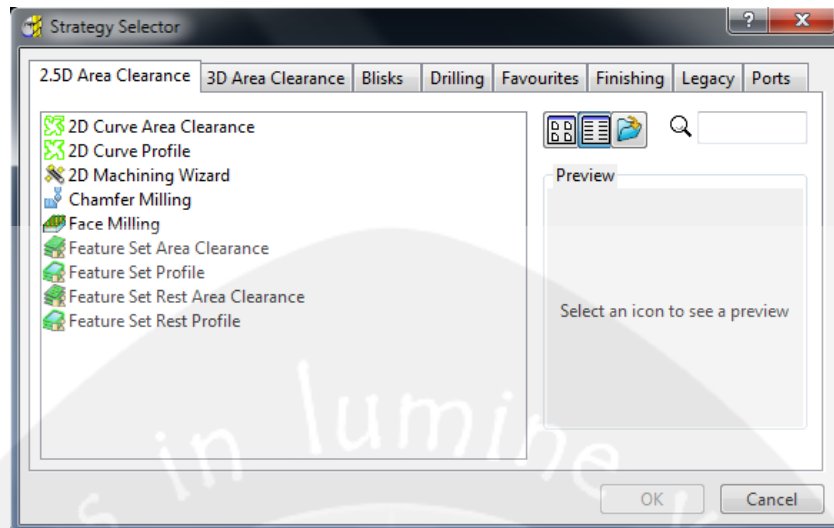
vi. *Toolpath Strategy*

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 strategi pergerakan *cutter* yang dapat kita pilih.

Toolpath Strategy ini antara lain adalah :

- *2,5D Area Clearance*

Gambar dari menu *2,5D Area Clearance* ditunjukkan pada gambar 2.13 berikut ini.

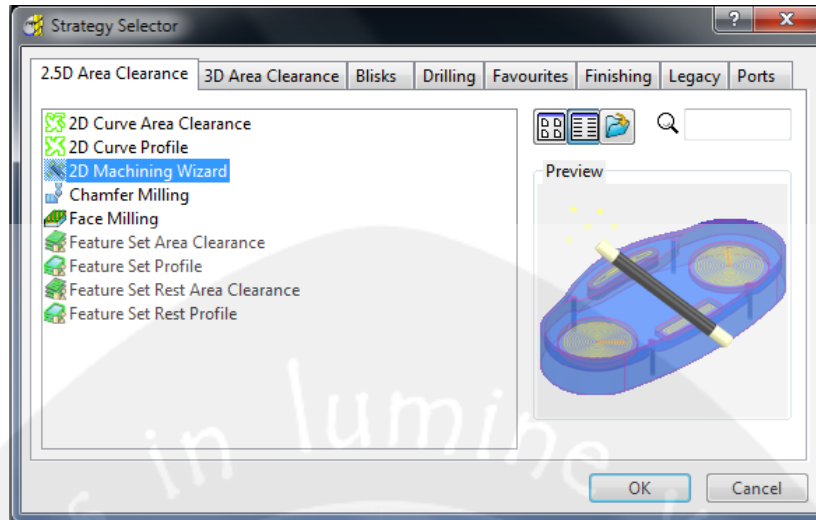


Gambar 2.13. *Toolpath 2,5D Area Clearance*
(Sumber: Delcam, 2012)

Di dalam *2,5D Area Clearance* terdapat sembilan *toolpath strategy* yaitu *2D Curve Area Clearance*, *2D Curve Profile*, *2D Machining Wizard*, *Chamfer Milling*, *Face Milling*, *Feature Set Area Clearance*, *Feature Set Profile*, *Feature Rest Area Clearance*, *Feature Rest Set Profile*. Dalam *2,5D Area Clearance Toolpath Strategy* ini kita tidak dapat melakukan proses pengerjaan secara 3D, karena dalam *2,5D Area Clearance* ini pergerakan *cutter* hanya melakukan pemakanan hanya sebatas pada sisi terluar dari material dan tidak melakukan pemakanan sedikitpun pada material.

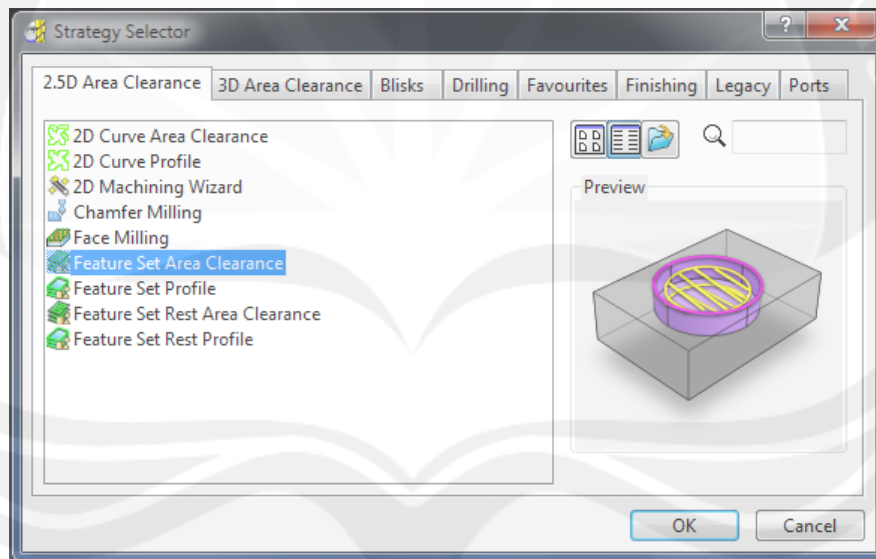
- *2D Machining Wizard*

Pada *Toolpath 2D Machining Wizard* (gambar 2.14), pergerakan *cutter* mengikuti pola bentuk benda yang akan dilakukan pemakanan oleh *cutter*. Pada *Machining Toolpath Wizard* ini kita dapat memilih area mana saja yang perlu kita *machining*.



Gambar 2.14. *Toolpath 2D Machining Wizard*
(Sumber: Delcam, 2012)

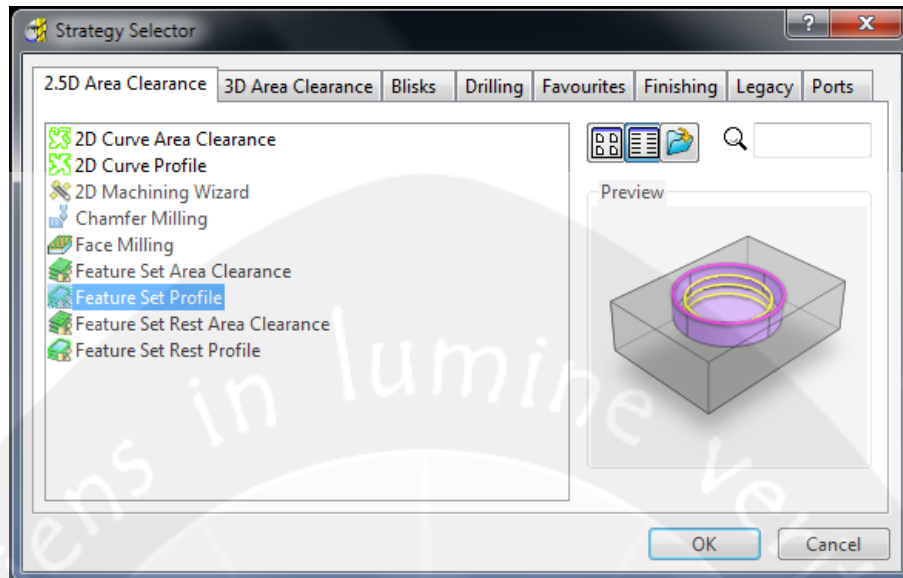
- *Feature Set Area Clearance*



Gambar 2.15. *Toolpath Feature Set Area Clearance*
(Sumber: Delcam, 2012)

Pada *Toolpath Feature Set Area Clearance*, pola pergerakan *cutter* adalah bergerak mengelilingi model dari bagian terluar dari model secara kontinyu hingga ke dalam, jadi dalam melakukan pemakanan material, *cutter* bergerak berputar hingga area yang diproses selesai. Gambar dari *Feature Set Area Clearance* ditunjukkan pada gambar 2.15.

- *Feature Set Profile*

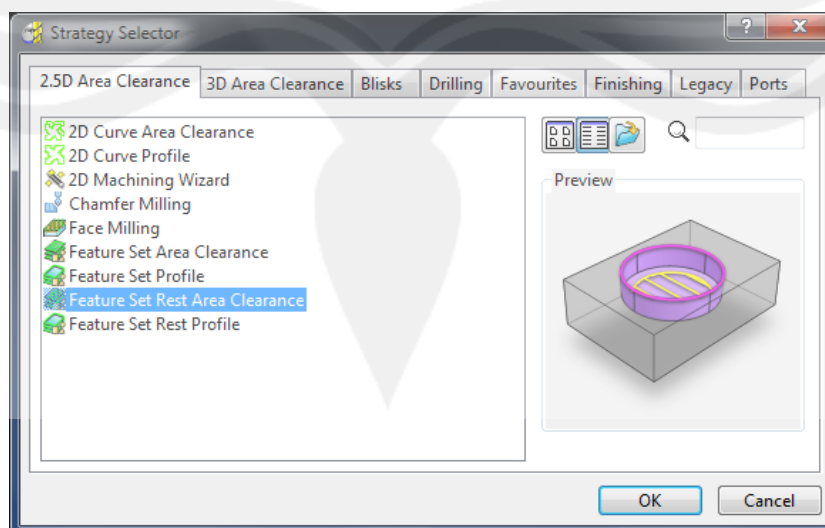


Gambar 2.16. *Toolpath Profile Feature Set Profil*
(Sumber: Delcam, 2012)

Pola Pergerakan *cutter* pada *Toolpath Feature Set Profile* adalah bergerak hanya pada tepi daerah yang akan dikerjakan, yang mengalami proses *machining*. Gambar dari *Feature Set Profile* ditunjukkan pada gambar 2.16.

Jadi *cutter* tidak melakukan pemakanan hingga ke dasar area dari model, namun hanya melakukan pemakanan / pengelupasan pada pinggir area saja sehingga membentuk suatu profil.

- *Feature Set Rest Area Clearance*

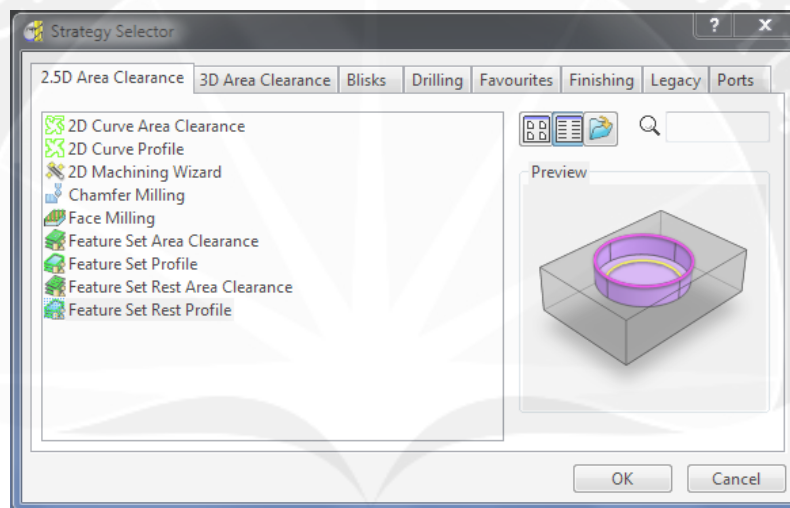


Gambar 2.17. *Toolpath Feature Set Rest Area Clearance*
(Sumber: Delcam, 2012)

Pola pergerakan *cutter* pada *toolpath Feature Rest Area Clearance* adalah bergerak secara horizontal ke kiri dan ke kanan sesuai *area machining* mulai dari ujung awal area yang diproses hingga ujung akhir selesainya area yang diproses namun hanya pada bagian dasarnya saja. Waktu permesinan *Toolpath* ini tentunya akan memakan waktu yang cukup cepat karena hanya dilakukan untuk bagian dasar model yang akan dikerjakan.

- *Feature Set Rest Profil*

Pola pergerakan *cutter* pada *toolpath Feature Rest Profile* adalah *strategy* lain dari *toolpath Feature Set Profile*. Dalam *toolpath* ini yang diproses adalah bagian tepi dari bagian saja dan hanya pada bagian dasar dari bidang yang akan dikerjakan.

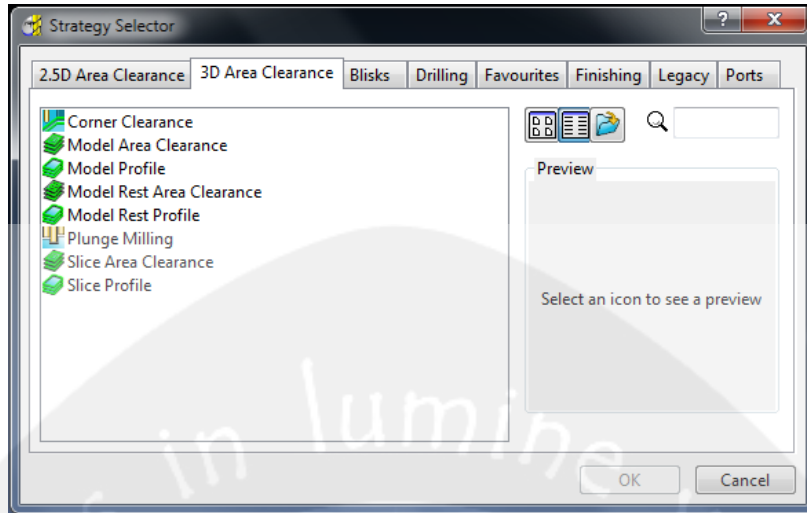


Gambar 2.18. *Toolpath Feature Set Rest Profile*

(Sumber: Delcam, 2012)

- *3D Area Clearance*

Di dalam *Toolpath Strategy 3D Area Clearance* ini terdapat delapan pola *Toolpath Strategy*. *3D Area Clearance* ini biasanya hanya digunakan sebagai strategi dalam proses *roughing*. Hal ini dikarenakan pola pergerakan dari *3D Area Clearance* ini dikhususkan untuk memangkas material yang masih utuh. Pola pergerakan *3D Area Clearance* tidak sedetail *Toolpath* yang digunakan untuk *finishing*. Gambar *3D Area Clearance* tampak pada gambar 2.19 berikut.



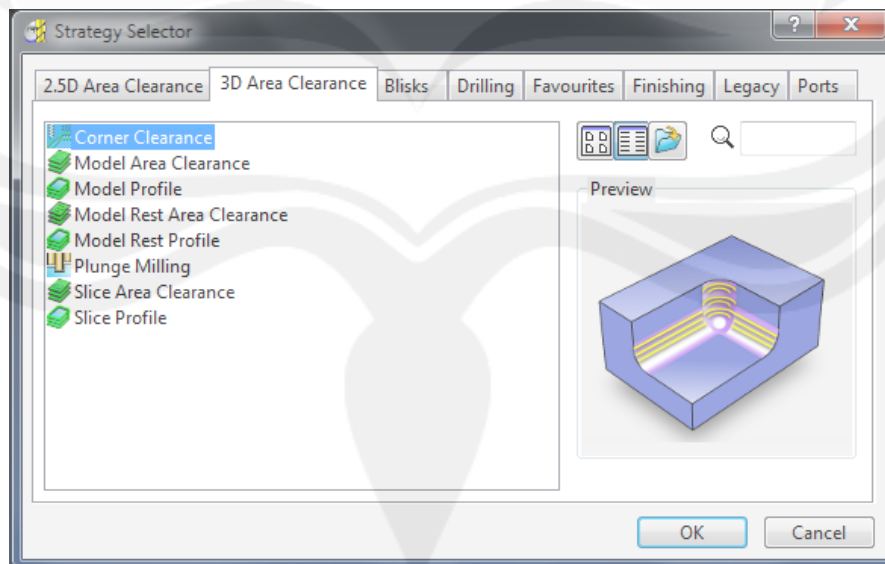
Gambar 2.19. *Toolpath 3D Area Clearance*

(Sumber: Delcam, 2012)

3D Area Clearance terdiri dari delapan *Toolpath Strategy*. Penjelasan dari masing-masing *Toolpath Strategy* tersebut dijelaskan sebagai berikut :

a) *Corner Clearance*

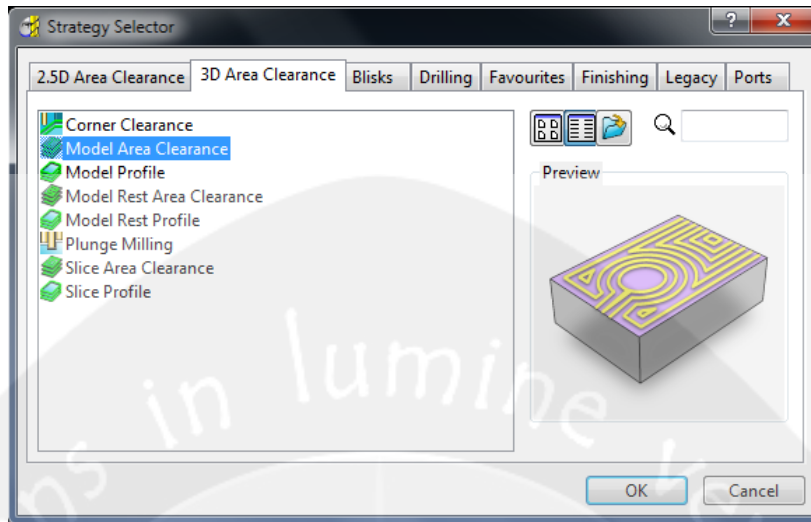
Pada *Corner Clearance*, pergerakan *cutter* mengikuti pola dari area yang akan mengalami proses permesinan namun hanay untuk bagian sudut dari model tersebut.



Gambar 2.20. *Toolpath Corner Clearance*

(Sumber: Delcam, 2012)

b) *Model Area Clearance*



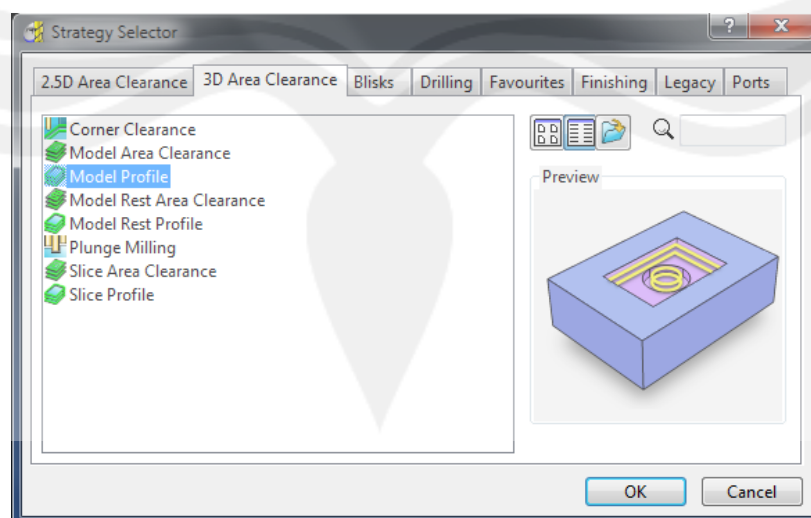
Gambar 2.21. *Toolpath Model Area Clearance*

(Sumber: Delcam, 2012)

Pada *Model Area Clearance*, pergerakan *cutter* mengikuti pola dari area yang akan mengalami proses permesinan. Pola pergerakan *Toolpath* ini cukup menghemat waktu dan mempercepat waktu permesinan karena *cutter* hanya bergerak hanya pada area yang diperlukan.

c) *Model Profile*

Pada *Model Profile*, pergerakan *cutter* ini mengikuti bentuk profil yang akan dikerjakan dari model.

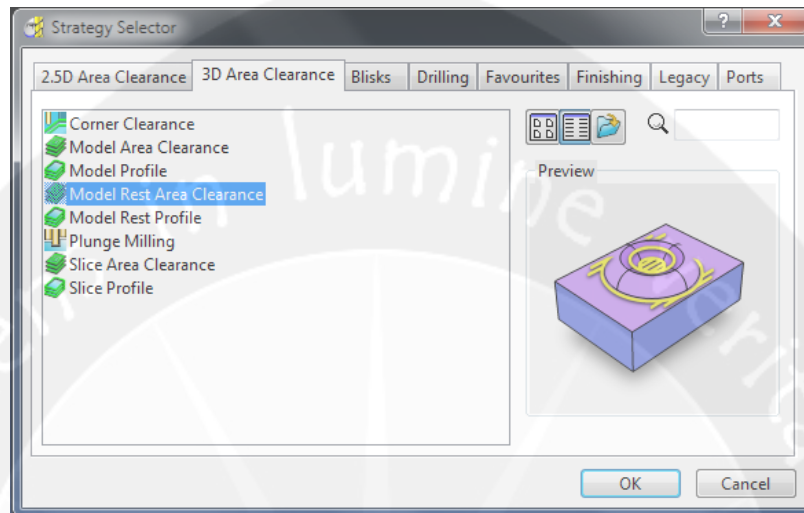


Gambar 2.22. *Toolpath Model Profile*

(Sumber: Delcam, 2012)

d) *Model Rest Area Clearance*

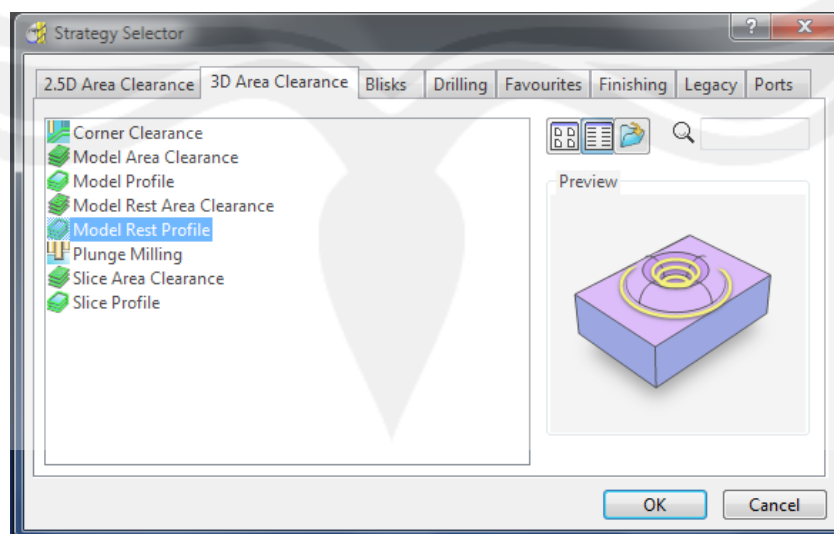
Pada *Model Rest Area Clearance*, pergerakan *cutter* mengikuti pola dari area yang akan mengalami proses permesinan namun hanya untuk dasar dari model tersebut.



Gambar 2.23. *Toolpath Model Rest Area Clearance*
(Sumber: Delcam, 2012)

e) *Model Rest Profile*

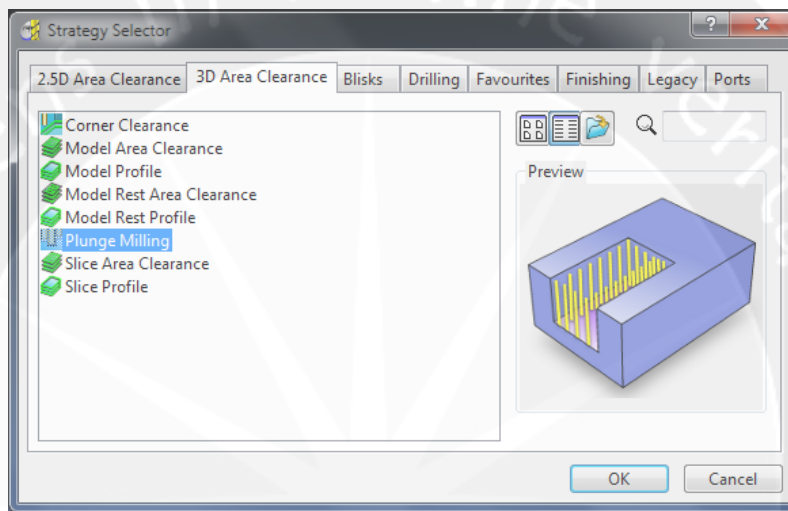
Pada *Model Rest Profile*, pergerakan *cutter* ini mengikuti bentuk profil yang akan dikerjakan dari model namun yang diproses hanya pada dasar dari model tersebut.



Gambar 2.24. *Toolpath Model Rest Profile*
(Sumber: Delcam, 2012)

f) *Plunge Milling*

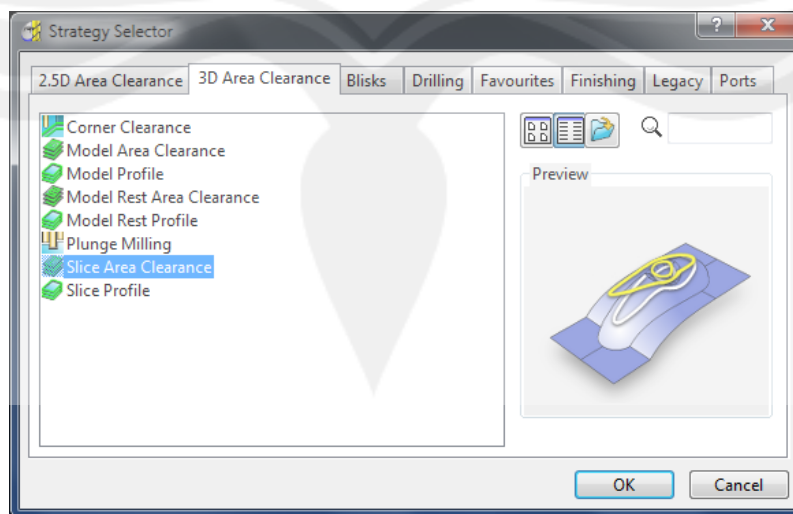
Pola pergerakan *cutter* pada *plunge milling* adalah, *cutter* bergerak secara langsung menghujam material, pada area yang akan dilakukan proses pemrosesan. Pada mesin-mesin CNC yang memiliki kapasitas, ukuran dan kekuatan yang cukup kecil, sebaiknya *Toolpath Strategy* ini dihindari karena dapat mengakibatkan putaran *cutter* macet pada saat *cutter* menghujam material. Ini dikarenakan kekuatan mesin CNC tidak cukup kuat menggerakkan *cutter* untuk melakukan pemakanan dengan pola ini.



Gambar 2.25. *Toolpath Plunge Milling*

(Sumber: Delcam, 2012)

g) *Slice Area Clearance*

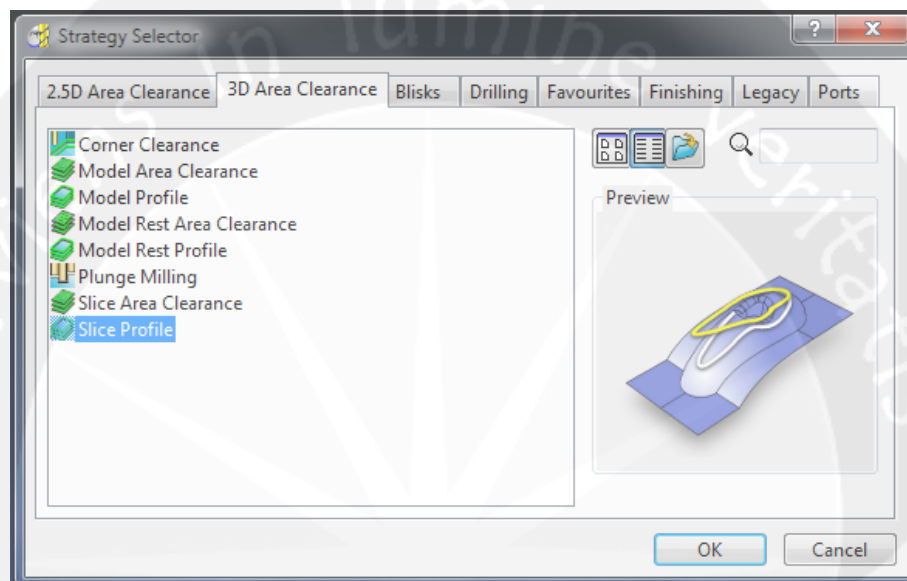


Gambar 2.26. *Toolpath Slice Area Clearance*

(Sumber: Delcam, 2012)

Toolpath Slice Area Clearance ini merupakan proses pemakanan material yang pada bagian yang dipilih dan memiliki sebuah kontur tersendiri. *Toolpath strategy Slice Area Clearance ini* merupakan pengembangan agar dalam proses roughing dapat memproses bagian yang berkontur tidak melulu harus dengan *strategy* untuk bidang datar.

h) *Slice Profile*

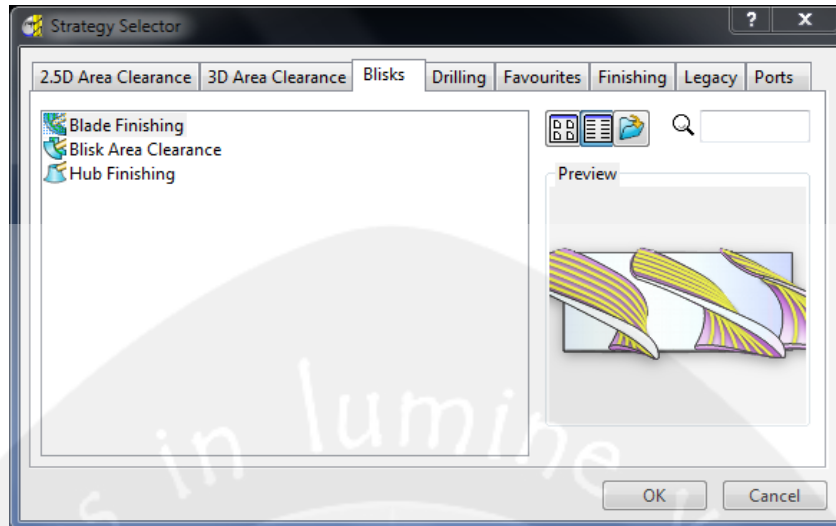


Gambar 2.27. *Toolpath Slice Profile*
(Sumber: Delcam, 2012)

Toolpath Slice Profile ini merupakan proses pemakanan material yang pada bagian yang dipilih dan memiliki sebuah kontur tersendiri namun hanya mengikuti bentuk profilnya saja tidak menghabiskan material. *Strategy* ini merupakan pengembangan agar dalam proses roughing dapat memproses bagian yang berkontur tidak melulu harus dengan *strategy* untuk bidang datar.

- *Blisks*

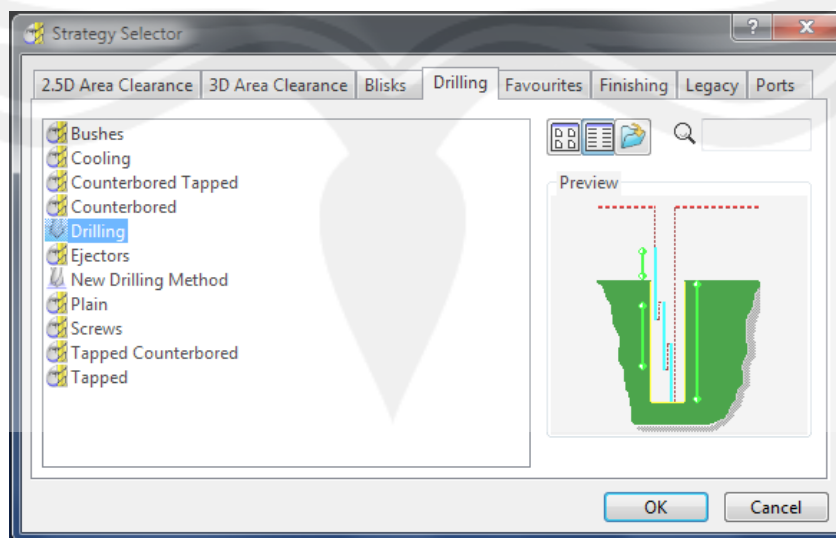
Toolpath Strategy yang ketiga adalah *blisks*. *Toolpath* ini digunakan untuk membuat profil baling-baling yang umumnya digunakan pada mesin *milling 5 axis*. Gambar dari menu *blisks* ditunjukkan pada gambar 2.28 dibawah ini:



Gambar 2.28. *Toolpath Blisks*
(Sumber: Delcam, 2012)

- *Drilling*

Toolpath Strategy yang keempat adalah *drilling*. *Drilling* ini digunakan untuk melakukan *drilling* (pembuatan lubang) terhadap material sesuai dengan desain yang telah kita kerjakan. Namun *Toolpath Strategy* ini jarang digunakan karena proses *drilling* biasanya tidak dipilih melalui *Toolpath strategy* khusus untuk proses pengerjaan *drilling* melainkan melalui *Toolpath strategy* yang lain. Hal ini dikarenakan pemilihan *Toolpath strategy* khusus untuk *drilling* memakan waktu *set up* yang cukup lama. Gambar dari menu *drilling* ditunjukkan pada gambar 2.29 berikut ini :



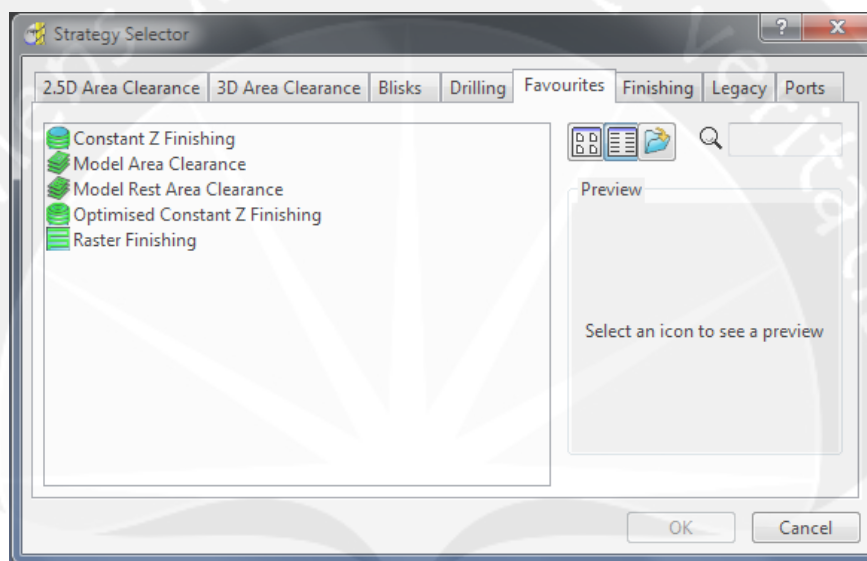
Gambar 2.29. *Toolpath Drilling*
(Sumber: Delcam, 2012)

Pilihan *Toolpath Strategy* dari Drilling terdiri dari sebelas *Toolpath strategy*, antara lain : *Bushes, Colling, Counterbored Tapped, Counterbored, Drilling, Ejectors, New Drilling Method, Plain, Screws, Tapped Counterbored, Tapped.*

- *Favourites*

Toolpath Strategy yang kelima adalah *Favourites*. *Toolpath Strategy* ini merupakan kumpulan berbagai macam metode *Toolpath strategy* yang paling sering digunakan untuk *Toolpath semifinishing dan finishing*.

Gambar menu *Favourites* dijelaskan pada gambar 2.30 di bawah ini.



Gambar 2.30. *Toolpath Favourites*

(Sumber: Delcam, 2012)

Toolpath Strategy dari *Favourites* ini terdapat lima *Toolpath strategy* sebagai default yaitu, *Constant Z Finishing, Offset Area Clear Model, Optimized Constant Z finishing, Raster Area Clear Model, Raster Finishing*. Penjelasan dari masing-masing *toopath strategy* akan dijelaskan berikut ini.

a) *Constant Z Finishing*

Constant Z Finishing digunakan sebagai *Toolpath strategy* dalam proses *finishing*. Pada proses permesinan pembuatan model yang tidak terlalu rumit dan detail *Toolpath* ini cocok untuk digunakan. Pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath* ini adalah bergerak melingkari model dari ujung atas model hingga ujung bawah model sedikit demi sedikit sesuai dengan produk model yang

akan kita buat. Pergerakan *cutter Toolpath* ini cukup teliti, sehingga dapat dihasilkan *finishing* yang halus.

b) *Model Area Clearance*

Toolpath Strategy Model Area Clearance ini terdapat pada *3D area Clearance*. *Toolpath* ini digunakan dalam proses *roughing*.

Pada *Model Area Clearance*, pergerakan *cutter* mengikuti pola dari area yang akan dilakukan proses permesinan. Pola pergerakan *Toolpath* ini cukup menghemat waktu dan mempercepat waktu permesinan karena *cutter* hanya bergerak hanya pada area yang diperlukan.

c) *Model Rest Area Clearance*

Toolpath Strategy Model Rest Area Clearance ini terdapat pada *3D area Clearance*. *Toolpath* ini digunakan dalam proses *roughing*.

Pada *Model Rest Area Clearance*, pergerakan *cutter* mengikuti pola dari area yang akan dilakukan proses permesinan namun hanya untuk dasar. Pola pergerakan *Toolpath* ini cukup menghemat waktu dan mempercepat waktu permesinan karena *cutter* hanya bergerak hanya pada area yang diperlukan.

d) *Optimized Constant Z Finishing*

Toolpath Strategy Optimized Constant Z Finishing merupakan *Toolpath strategy* dapat digunakan untuk proses *semifinishing* ataupun *finishing*.

Toolpath strategy Optimized Constant Z Finishing memiliki pola pergerakan *cutter* yang bergerak mengikuti bentuk dari model yang akan dikerjakan. Keunggulan dari *Toolpath* ini adalah memiliki waktu proses yang lebih cepat dibandingkan *Toolpath strategy* yang lain. Keunggulan yang lain adalah pergerakan *cutter* mampu mengerjakan area-area yang rumit. Pergerakan *cutter Constant Z Finishing* bergerak mengikuti pola dari model yang ada dan bergerak ke dalam dan semakin ke dalam. Kedalaman dari pemakanan *cutter* ini dapat kita atur melalui *setting* dari *deep of cut*.

e) *Raster Finishing*

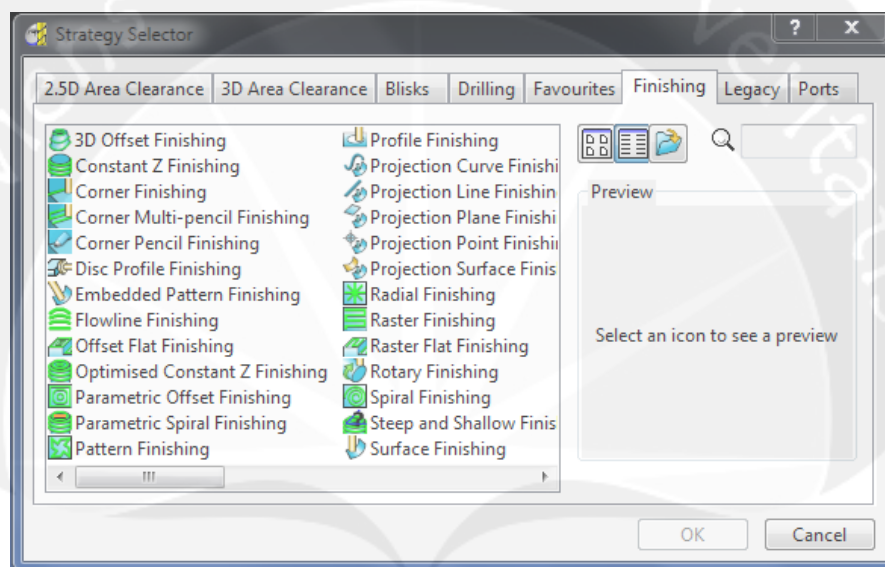
Toolpath strategy yang kelima yang termasuk *Toolpath strategy favourites* adalah *Raster Finishing*. *Raster finishing* ini memiliki pola pergerakan yang hampir sama dengan *Raster Area Clear Model*, namun *Raster Finishing* ini lebih dikhususkan sebagai *Toolpath* dalam proses *semifinishing* dan proses *finishing*. Berdasarkan preview pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath strategy Raster Finishing*, pola pergerakan *cutter* bergerak melewati semua

area material dari ujung mulai hingga ujung material selesai. Pada pergerakan *cutter* bergerak secara horizontal ke kiri dan ke kanan dan mengikuti kontur dari model yang sedang dikerjakan.

- *Finishing*

Kelompok *Toolpath Strategy* selanjutnya adalah *Finishing*. Walaupun merupakan kelompok *Toolpath strategy finishing*, namun *Toolpath* ini juga dapat digunakan sebagai *Toolpath* untuk proses pengerjaan *semifinishing*.

Gambar menu *Toolpath strategy finishing* ditunjukkan pada gambar 2.31 di bawah ini :



Gambar 2.31. *Toolpath Finishing*

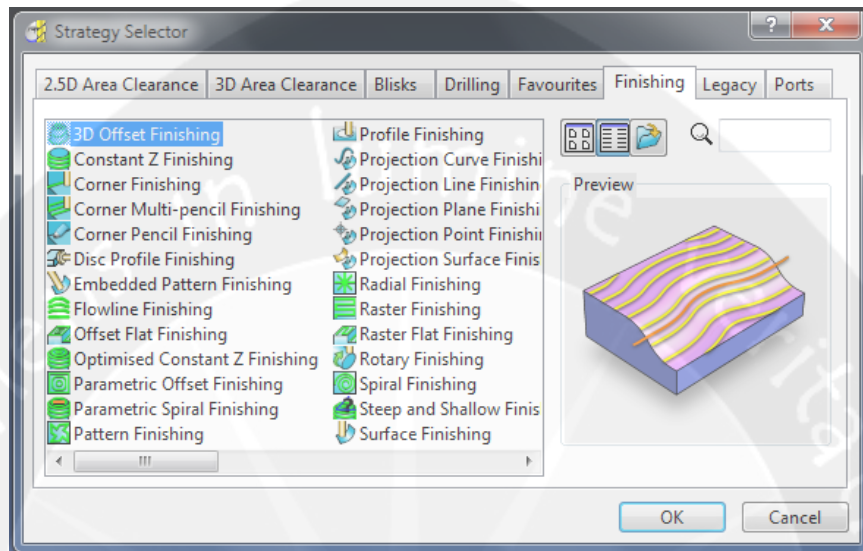
(Sumber: Delcam, 2012)

Dalam *Toolpath strategy Finishing* ini terdapat dua puluh sembilan *Toolpath strategy* dengan pola pergerakan *cutter* yang berbeda. *Toolpath* itu antara lain adalah *3D offset finishing*, *Constant Z Finishing*, *Corner Along Finishing*, *Corner Automatic Finishing*, *Corner Multi Pencil Finishing*, *Corner Pencil Finishing*, *Corner Stitch Finishing*, *Disc profile finishing*, *Embedded Pattern Finishing*, *Interleaved Constant Z Finishing*, *Offset Flat Finishing*, *Optimized Constant Z Finishing*, *Parametric Offset Finishing*, *Pattern Finishing*, *Profile Finishing*, *Projection Curve Finishing*, *Projection Line Finishing*, *Projection Plane Finishing*, *Projection Point Finishing*, *Projection Surface Finishing*, *Radial Finishing*, *Raster Finishing*, *Raster Flat Finishing*, *Rotary Finishing*, *Spiral Finishing*, *Surface*

Finishing, Swarf Finishing, wireframe profile finishing, dan yang terakhir adalah wireframe swarf finishing. Penjelasan masing-masing Toolpath sebagai berikut :

a) *3D Offset Finishing*

Gambar dari menu *Toolpath 3D offset finishing* ditunjukkan pada gambar 2.32 di bawah ini.



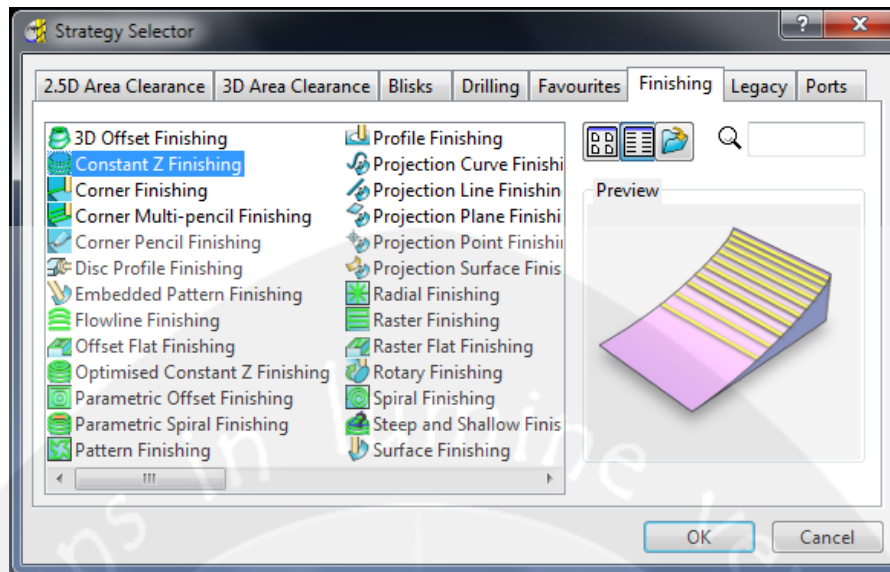
Gambar 2.32. *Toolpath 3D Offset Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

Pada *Toolpath strategy 3D offset Finishing* ini pergerakan *cutter* hanya bergerak pada sisi bagian atas pada material. Jadi *cutter* hanya melakukan pemakanan pada permukaan material saja.

b) *Constant Z Finishing*

Constant Z Finishing digunakan sebagai *Toolpath strategy* dalam proses *finishing*. Pada proses permesinan pembuatan model yang tidak terlalu rumit dan detail, *Toolpath* ini cocok untuk digunakan. Pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath* ini adalah bergerak melingkari model dari ujung atas model hingga ujung bawah model sedikit demi sedikit sesuai dengan produk model yang akan kita buat. Pergerakan *cutter Toolpath* ini cukup teliti, sehingga dapat dihasilkan *finishing* yang halus. Gambar dari menu *Toolpath Constant Z Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.33 di bawah ini.



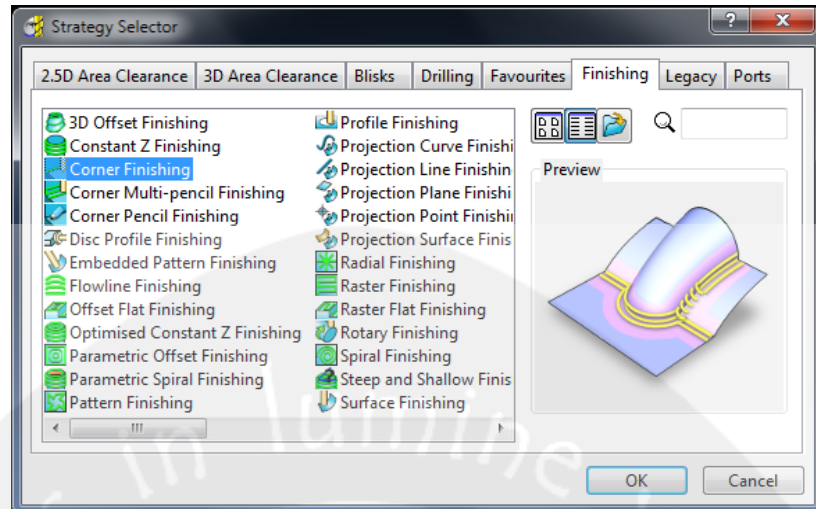
Gambar 2.33. *Toolpath Constant Z Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

c) *Corner Finishing*

Corner Finishing merupakan gabungan dari *Corner Along Finishing* dan *Corner Automatic Finishing Toolpath* yang dikhususkan untuk menghaluskan area sudut dari model. Namun keistimewaan dari *Toolpath* ini adalah pola pergerakan *cutter* dapat menyesuaikan dan berubah secara otomatis sesuai dengan bentuk sudutnya.

Berdasarkan *preview* gambar 2.34, pola pergerakan *cutter* pada model yang memiliki *fillet*, *cutter* bergerak lurus secara horizontal. Namun jika terdapat sudut, pola pergerakan *cutter* akan berubah dengan sendirinya, dan pada area sudut *cutter* mampu bergerak *zig-zag*. Dari pola pergerakan *cutter* seperti ini akan dihasilkan sudut yang sangat halus.

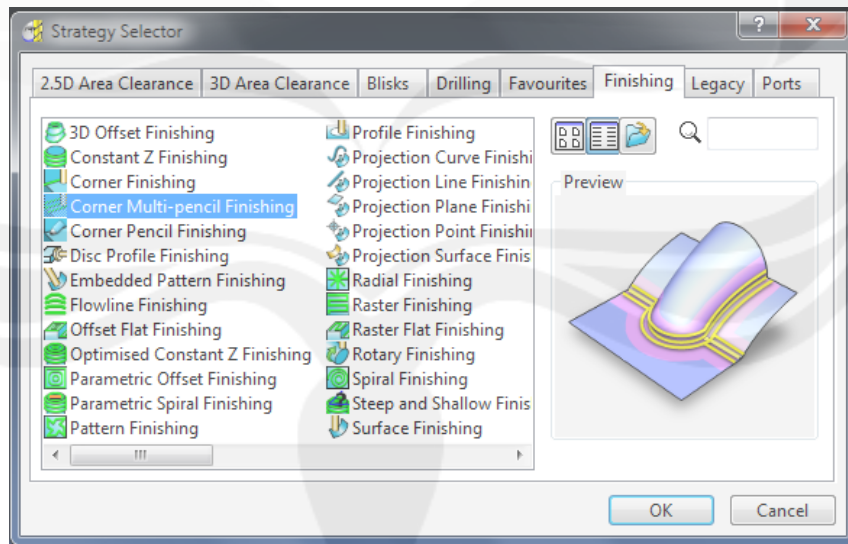


Gambar 2.34. *Toolpath Corner Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

d) *Corner Multi Pencil Finishing*

Pola pergerakan *cutter Toolpath Corner Multi Finishing* hampir sama dengan pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath Corner Automatic Finishing*. Gambar pola pergerakan *cutter Corner Multi Pencil Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.35 di bawah ini.



Gambar 2.35. *Toolpath Corner Multipencil Finishing*

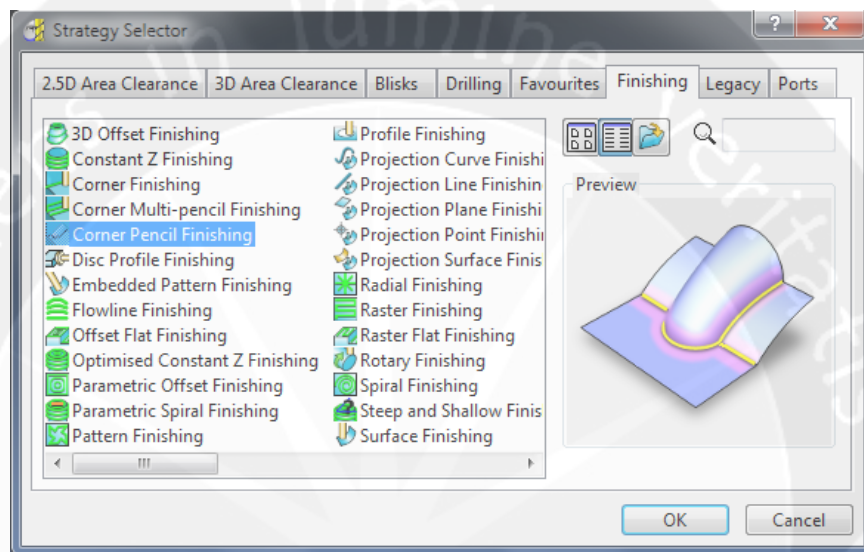
(Sumber: Delcam, 2012)

Perbedaan *Toolpath Corner Multi Pencil Finishing* dengan *Corner Automatic Finishing* adalah pada *Toolpath* ini pola pergerakan *cutter* pada area sudut

hanya konstan. Berbeda dengan *Corner Automatic Finishing*, dimana saat *cutter* menemukan sudut, *cutter* akan bergerak lebih detail.

e) *Corner Pencil Finishing*

Corner Pencil Finishing memiliki pola pergerakan yang lebih sederhana dibandingkan dengan pola pergerakan *Toolpath corner finishing* yang lainnya. Gambar pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath Corner Pencil Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.36 di bawah ini.



Gambar 2.36. *Toolpath Corner Pencil Finishing*

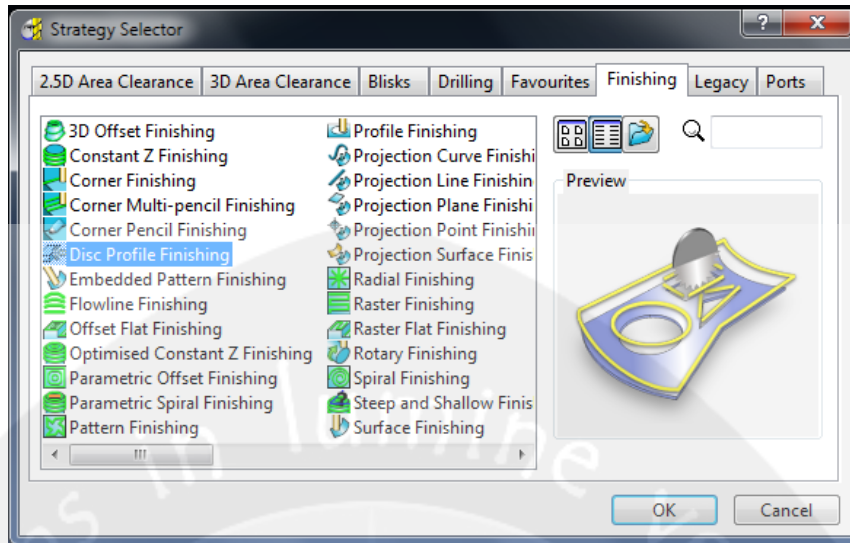
(Sumber: Delcam, 2012)

Berdasarkan *preview* gambar 2.36, pergerakan *cutter* pada *Toolpath Corner Pencil Finishing* hanya bekerja pada ujung area terluar dari profil. Pergerakan *cutter* per area pun hanya satu garis.

f) *Disk Profile Finishing*

Toolpath Disk Profile Finishing digunakan pada saat kita memakai alat potong tipe *disk cutter*. Pola pergerakan *Toolpath* ini jarang digunakan untuk memotong sudut-sudut benda yang tajam. *Cutter* hanya bergerak pada area yang telah kita batasi dengan *Boundary*. *Toolpath Disk Profile Finishing* telah ada sejak rilis PowerMill versi 8.0 merupakan sebuah *Toolpath* baru untuk solusi pengerjaan dengan *cutter* jenis *disk*.

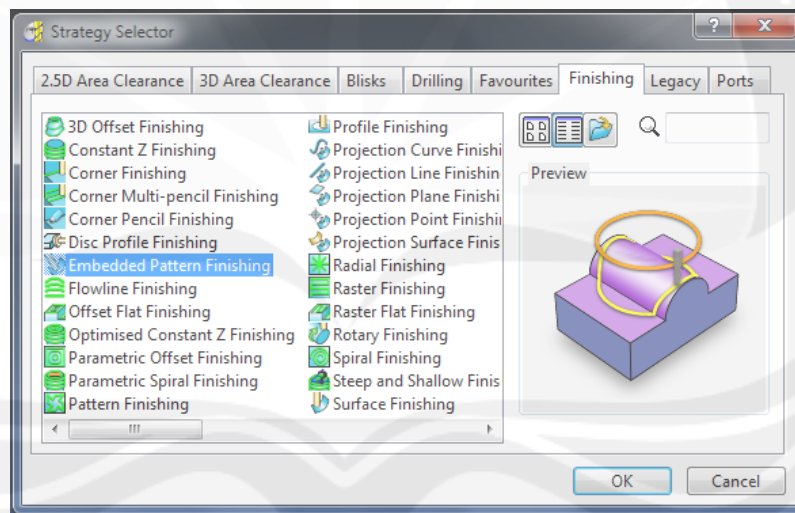
Gambar pola pergerakan *cutter* *Toolpath Disk Profile Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.37 di bawah ini.



Gambar 2.37. Toolpath Disk Profile Finishing

(Sumber: Delcam, 2012)

g) *Embedded Pattern Finishing*



Gambar 2.38. Toolpath Embedded Pattern Finishing

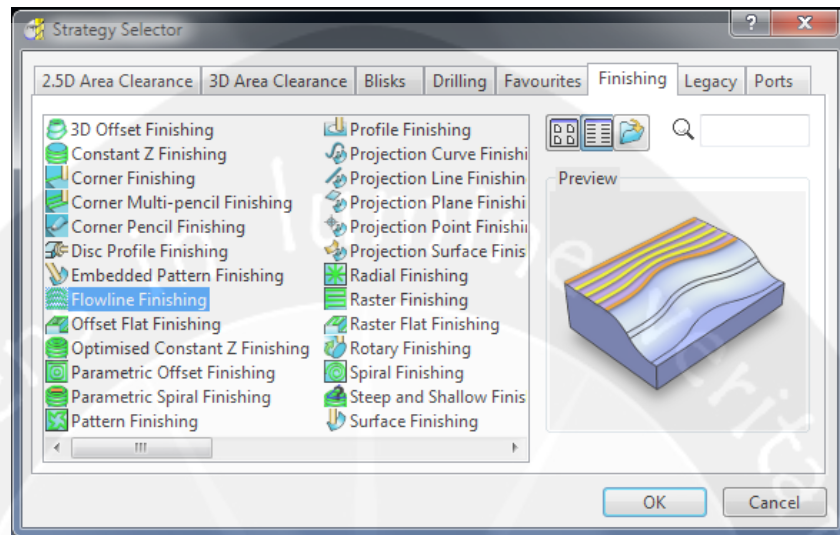
(Sumber: Delcam, 2012)

Toolpath Embedded Pattern Finishing memiliki pola pergerakan *cutter* yang simpel. *Cutter* hanya bergerak pada area terluar dari suatu model. Gambar pola pergerakan *cutter* *Toolpath Embedded Pattern Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.38 di atas.

Berdasarkan preview pola pergerakan *cutter*, *cutter* hanya bergerak pada sisi terluar dari model. *Toolpath* ini berfungsi untuk mencapai kehalusan yang tinggi dari area terluar sebuah model.

h) *Flowline Finishing*

Toolpath Flowline Finishing ini merupakan *Toolpath* untuk proses pengerjaan *finishing* yang dikhususkan untuk pengerjaan model yang memiliki *contour* seperti dalam gambar 2.39.



Gambar 2.39. *Toolpath Flowline Finishing*

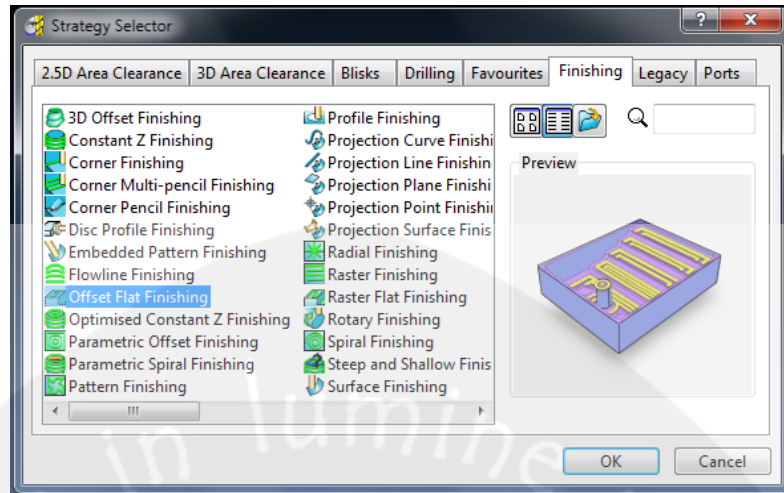
(Sumber: Delcam, 2012)

i) *Offset Flat Finishing*

Toolpath Offset Flat Finishing merupakan *Toolpath* yang berfungsi untuk meratakan area permukaan model yang berbentuk datar sehingga bagian yang datar sajalah yang akan diproses oleh *toolpath strategy* ini.

Gambar pola pergerakan *Toolpath Offset Flat Finishing* ditunjukkan pada 2.40.

Seperti pola pergerakan *Offset* yang lain, pada *Toolpath Offset Flat Finishing*, *cutter* bergerak mengelilingi model dari area terluar model dan kontinyu terus menerus hingga ke bagian tengah model. Namun pada *Toolpath* ini *cutter* hanya melakukan pemakanan pada bagian permukaan model.

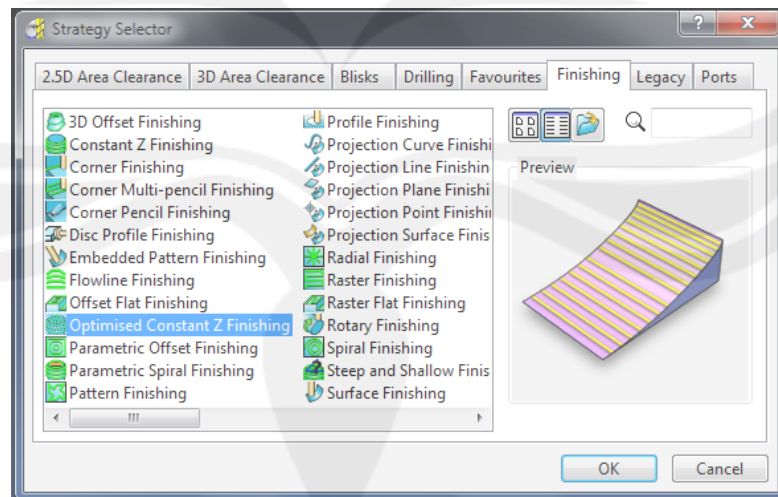


Gambar 2.40. *Toolpath Offset Flat Finishing*
(Sumber: Delcam, 2012)

j) *Optimized Constant Z Finishing*

Pola pergerakan *Toolpath Optimized Constant Z* memiliki pola pergerakan yang mirip dengan *Toolpath Interleaved Constant Z Finishing*. *Toolpath Interleaved Constant Z Finishing* merupakan penyempurnaan dari *Toolpath Optimized Constant Z Finishing* yang sudah ada pada PMill versi 6.0.

Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Optimized Constant Z Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.41 di bawah ini.



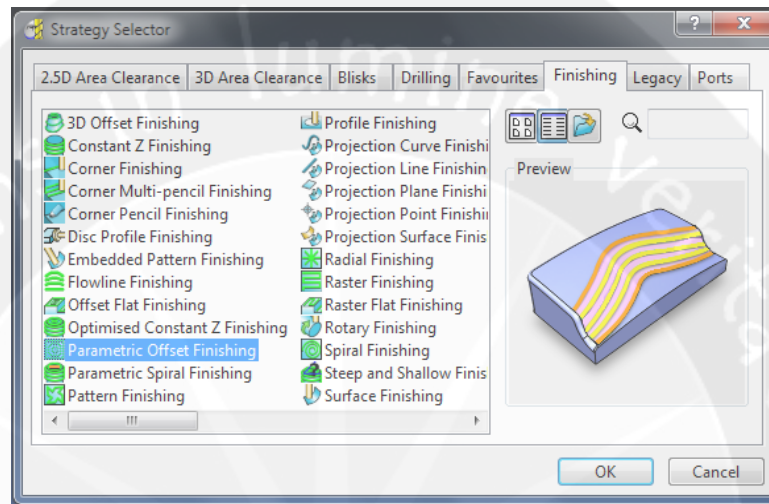
Gambar 2.41. *Toolpath Optimized Constant Z Finishing*
(Sumber: Delcam, 2012)

Berdasarkan *preview* pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath Optimized Constant Z Finishing* mirip dengan *Toolpath Interleaved Constant Finishing*.

Namun pola pergerakan *Toolpath Interleaved Constant Z Finishing* lebih teliti dan lebih detail dibandingkan *Toolpath Optimized Constant Z*.

k) *Parametric Offset Finishing*

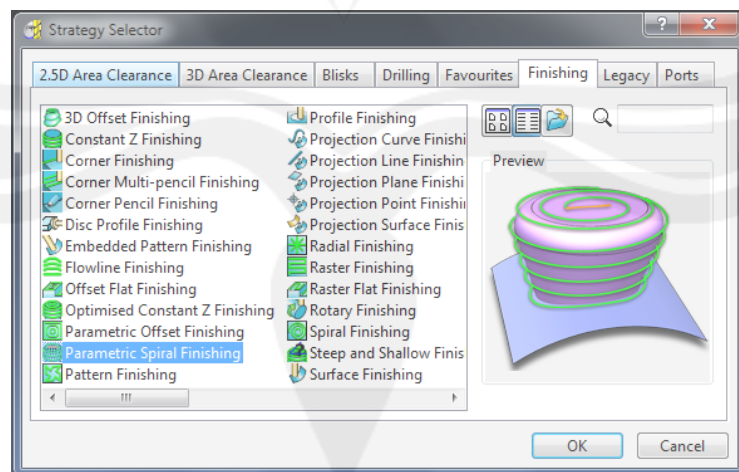
Toolpath Parametric Offset Finishing merupakan *Toolpath* untuk proses pengerjaan *finishing* yang مخصوص untuk pengerjaan model yang memiliki *counter* seperti dalam gambar 2.42.



Gambar 2.42. *Toolpath Parametric Offset Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

l) *Parametric Spiral Finishing*



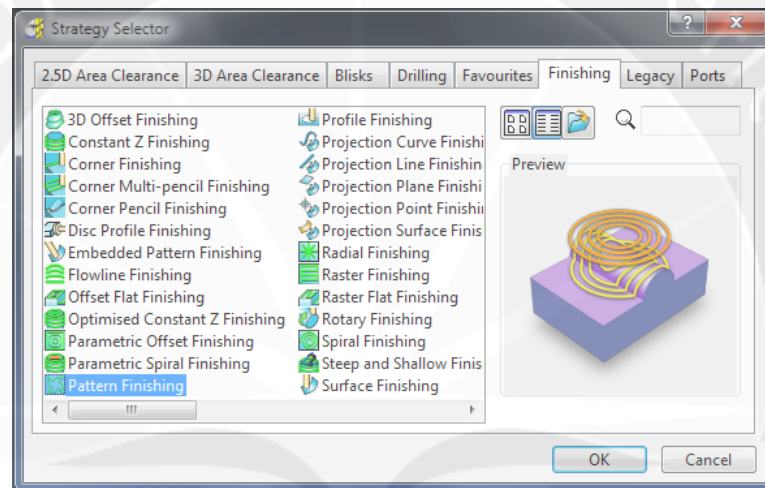
Gambar 2.43. *Toolpath Parametric Offset Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

Toolpath Parametric Spiral Finishing merupakan *Toolpath* untuk proses pengerjaan *finishing* yang dikhususkan untuk pengerjaan model yang memiliki *contour* berbentuk *spiral* dan mengelilingi dari model yang akan dikerjakan seperti dalam gambar 2.43 di atas.

m) *Pattern Finishing*

Toolpath Pattern Finishing merupakan *Toolpath* yang berfungsi untuk menghaluskan area terluar dari material yang tidak turut terbentuk menjadi model. *Cutter* bekerja mengelilingi material yang tidak terbentuk menjadi model. Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Pattern Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.44 di bawah ini.

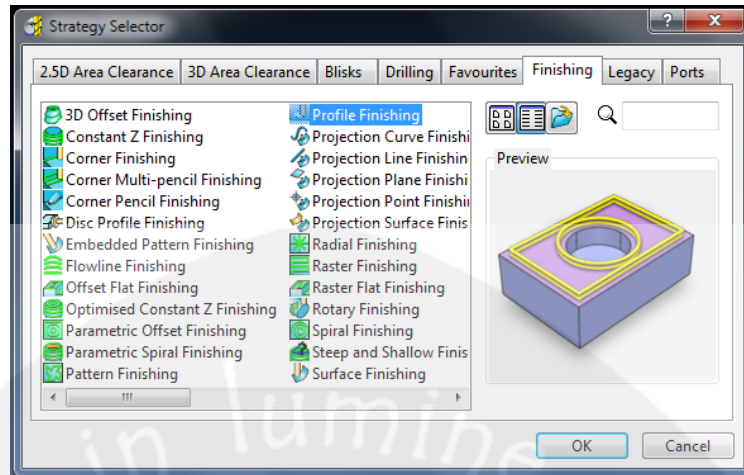


Gambar 2.44. *Toolpath Pattern Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

n) *Profile Finishing*

Toolpath Profile Finishing merupakan *Toolpath* yang berfungsi melakukan pengerjaan *finishing* khusus pada profil suatu model. *Toolpath Profile Finishing* ini melakukan pengerjaan penghalusan pada area profil yang ada pada model, sehingga didapatkan model yang memiliki profil sangat halus.

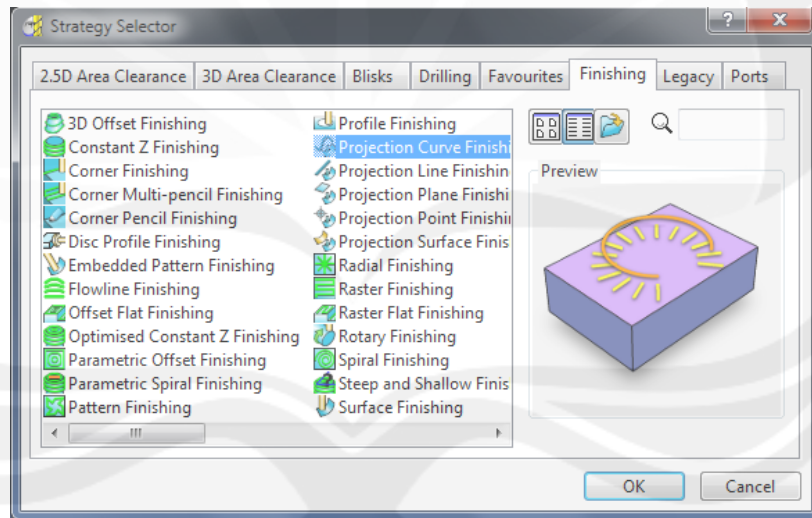


Gambar 2.45. Toolpath Profile Finishing

(Sumber: Delcam, 2012)

o) *Projection Curve Finishing*

Toolpath Projection Curve Finishing memiliki fungsi melakukan pengerjaan *finishing* pada model yang memiliki bentuk seperti pada gambar 2.46.

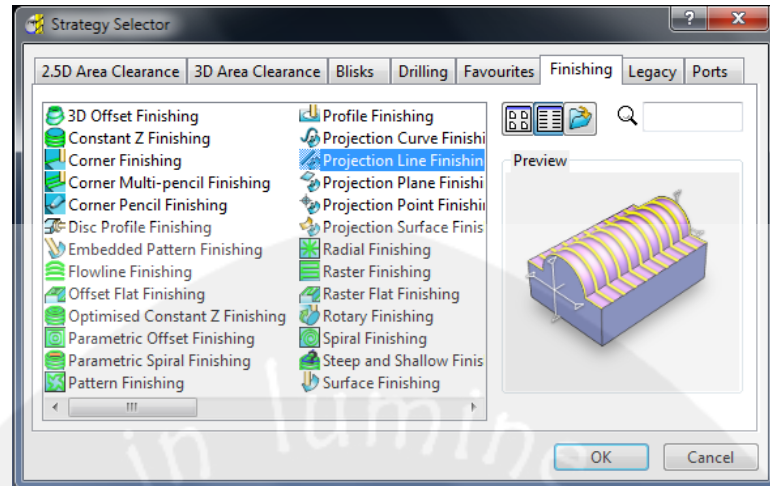


Gambar 2.46. Toolpath Projection Curve Finishing

(Sumber: Delcam, 2012)

p) *Projection Line Finishing*

Toolpath Projection Line Finishing berfungsi melakukan pengerjaan *finishing* pada *cavity* model. Pola pergerakan *cutter* seperti tampak pada gambar 2.47.



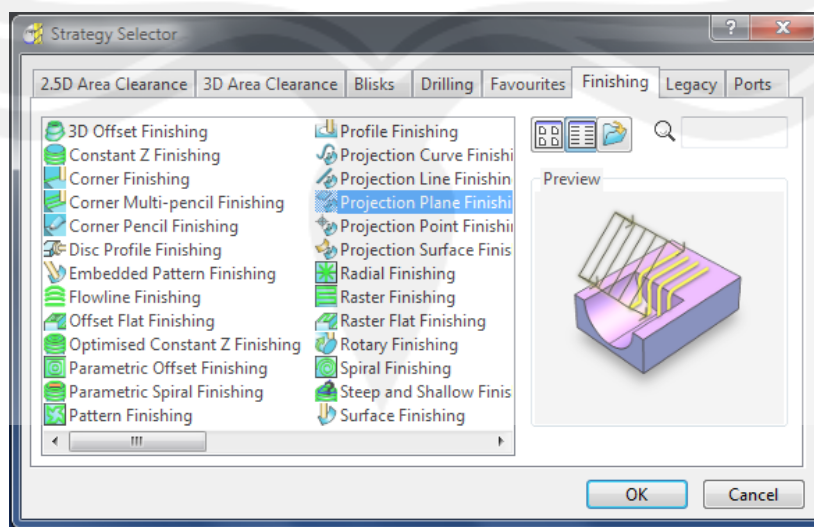
Gambar 2.47. *Toolpath Projection Line Finishing*
(Sumber: Delcam, 2012)

Inti pergerakan dari *cutter* pada *Toolpath Projection Line Finishing* adalah *cutter* bergerak secara kontinu dari ujung atas hingga ujung bawah model dengan pola pergerakan seperti *Toolpath raster*.

q) *Projection Plane Finishing*

Toolpath Projection Plane Finishing merupakan *Toolpath* yang berfungsi melakukan pengerjaan *finishing* pada *cavity* model. Namun area yang dikerjakan berbeda dengan *Toolpath Projection Line Finishing*.

Gambar pergerakan *cutter Toolpath Projection Plane Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.48.



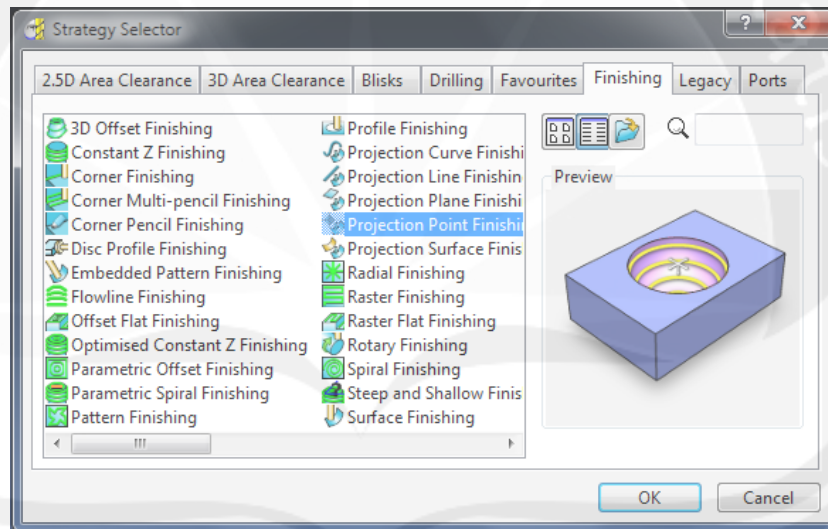
Gambar 2.48. *Toolpath Projection Plane Finishing*
(Sumber: Delcam, 2012)

Perbedaan *Toolpath Projection Line Finishing* dengan *Toolpath Projection Plane Finishing* terdapat pada area yang dikerjakan. Pada *Toolpath Projection Plane Finishing* yang dikerjakan adalah bagian dasar dari suatu *cavity model*, sedangkan pada *Projection Line Model*, area yang dikerjakan adalah bagian badan suatu *cavity model*.

r) *Projection Point Finishing*

Toolpath Projection Point Finishing ini memiliki pola pergerakan *cutter* gabungan dari dua *Toolpath* yaitu *Toolpath Projection Line Finishing* dengan *Toolpath Projection Plane Finishing*.

Gambar pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath Projection Point Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.49 di bawah ini.



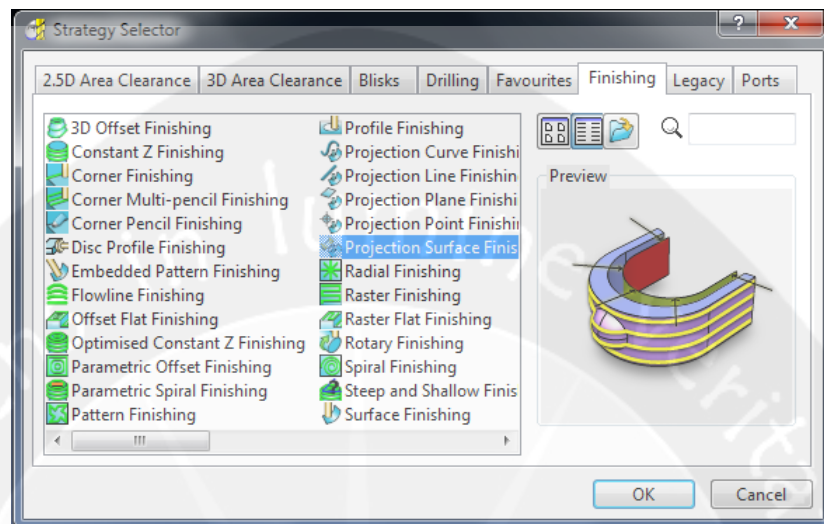
Gambar 2.49. *Toolpath Projection Point Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

Pada *Toolpath Projection Point Finishing* ini *cutter* mampu bergerak pada semua area *cavity model*, baik melakukan pengerjaan pada bagian badan *cavity model* maupun pada bagian dasar *cavity model*. Penggunaan *Toolpath* ini dapat meningkatkan waktu dibandingkan dengan penggunaan *Toolpath Projection Plane Finishing* maupun *Toolpath Projection Line Finishing* karena cukup sekali saja melakukan *set up Toolpath*.

s) *Projection Surface Finishing*

Toolpath Projection Surface Finishing merupakan *Toolpath* yang digunakan untuk proses pengerjaan *finishing* sebuah model yang memiliki bentuk seperti pada gambar 2.50 bawah ini.

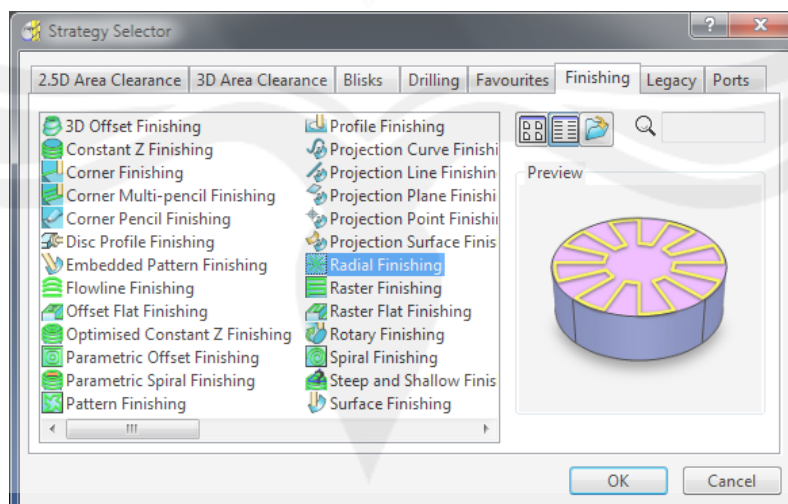


Gambar 2.50. *Toolpath Projection Surface Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

t) *Radial Finishing*

Toolpath Radial Finishing merupakan *Toolpath* khusus model yang memiliki *fillet*. Gambar pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath Radial Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.51.



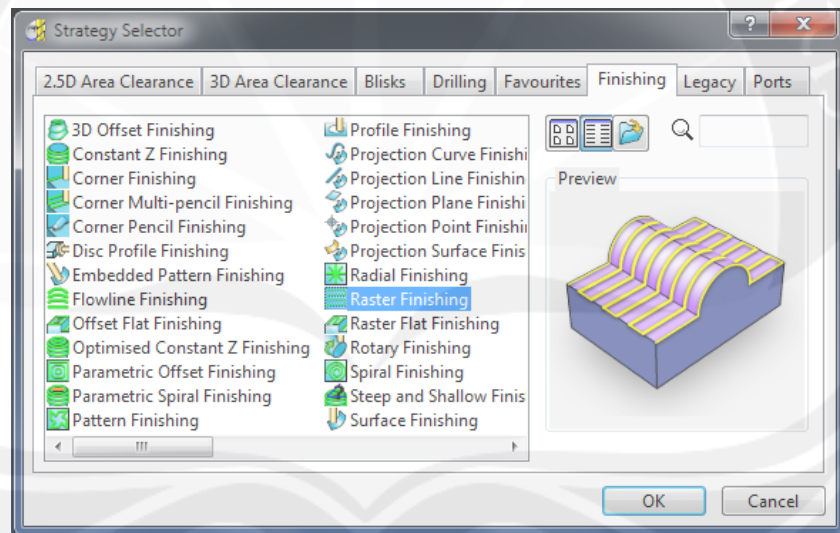
Gambar 2.51. *Toolpath Radial Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

Toolpath ini bertujuan agar didapatkan *fillet* yang halus pada sebuah model. Pergerakan *cutter* hampir sama dengan pergerakan *Toolpath raster*, namun area pemakanannya hanya pada area *fillet* sebuah model.

u) *Raster Finishing*

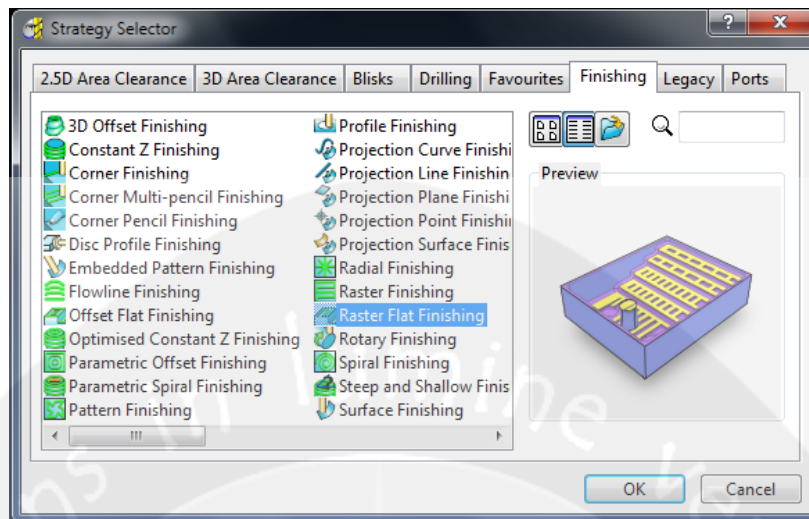
Toolpath Raster Finishing merupakan *Toolpath* yang dapat digunakan untuk proses pengerjaan semifinishing maupun pengerjaan finishing. Seperti *Toolpath Raster Finishing* lainnya, *Raster Finishing* memiliki pola pergerakan melakukan pemakanan ke semua bidang material dengan pergerakan *cutter* bergerak ke kiri dan ke kanan hingga membentuk suatu model. Kelemahan dari *Toolpath Raster* adalah proses pengerjaan memakan waktu cukup lama karena melakukan pemakanan ke segala area material. Gambar pola pergerakan *cutter Raster Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.52 di bawah ini.



Gambar 2.52. *Toolpath Raster Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

v) *Raster Flat Finishing*



Gambar 2.53. *Toolpath Raster Flat Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

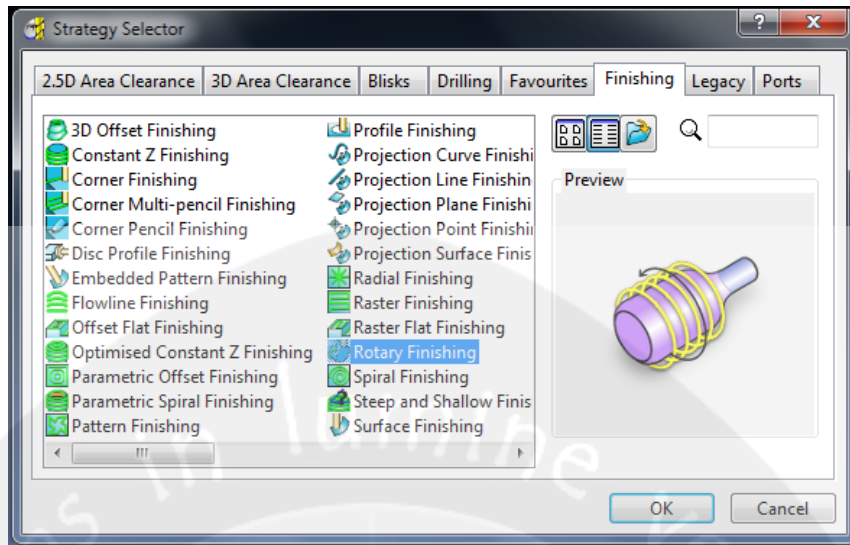
Raster Flat Finishing merupakan *Toolpath* yang digunakan untuk melakukan proses pengerjaan *finishing*, namun proses pengerjaan *Toolpath Raster Flat Finishing* permukaan yang rata saja. Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Raster Flat Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.53 diatas.

Seperti pola pergerakan *cutter* pada *Toolpath Raster* yang lainnya, pola pergerakan *cutter Raster Flat Finishing* bergerak melewati semua bagian dari material dengan pola pergerakan ke kiri dan ke kanan hingga area material terlewati semua.

w) *Rotary Finishing*

Rotary Finishing merupakan yang digunakan untuk model yang memerlukan proses pengerjaan melingkari seluruh area material, seperti cincin dan lain sebagainya.

Namun dalam penggunaan *Toolpath* ini, tidak semua mesin mampu mengaplikasikannya. Penggunaan *Toolpath Rotary Finishing* hanya dapat dilakukan oleh mesin CNC minimal 3 Axis dengan bantuan dari sebuah *jig* atau *attachment* khusus dari mesin. Gambar pola pergerakan *Toolpath Rotary Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.54 dibawah.



Gambar 2.54. *Toolpath Rotary Finishing*

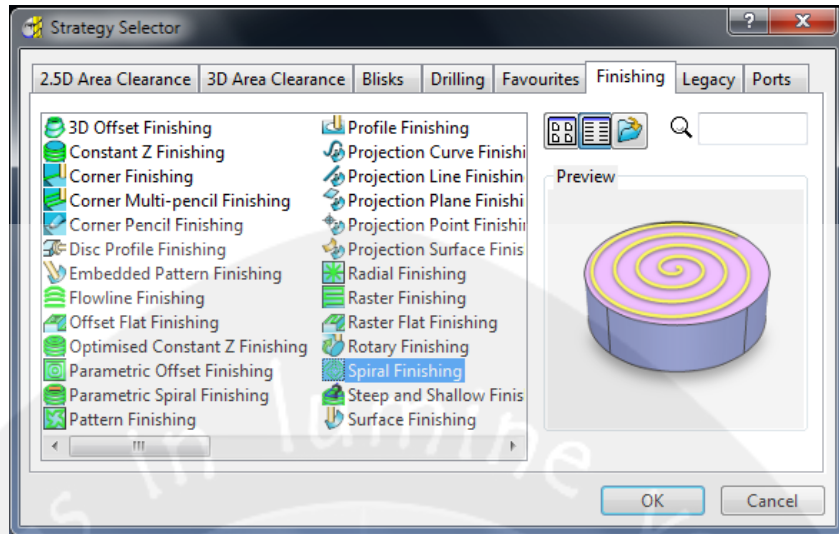
(Sumber: Delcam, 2012)

Tampak dalam *preview* gambar 2.54, pergerakan yang terjadi dalam *Toolpath Rotary Finishing* tidak hanya terjadi pada *cutter* saja, namun material juga berputar.

x) *Spiral Finishing*

Toolpath Spiral Finishing merupakan *Toolpath* untuk proses pengerjaan *finishing* yang memiliki pola pergerakan berputar dari pusat material hingga bagian terluar material.

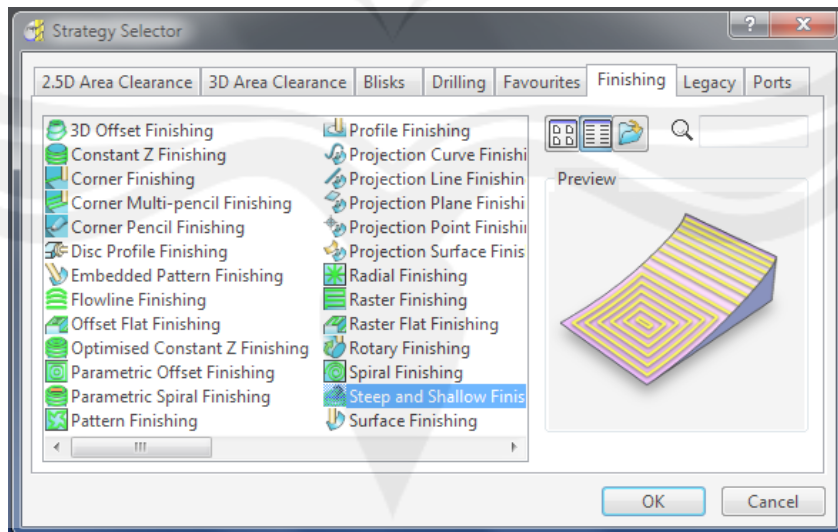
Namun pada *Toolpath Spiral Finishing*, area yang mengalami proses pengerjaan hanya pada bagian kulit atau permukaan paling atas dari sebuah model. Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Spiral Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.55 di bawah ini.



Gambar 2.55. *Toolpath Spiral Finishing*
(Sumber: Delcam, 2012)

y) *Steep and Shallow Finishing*

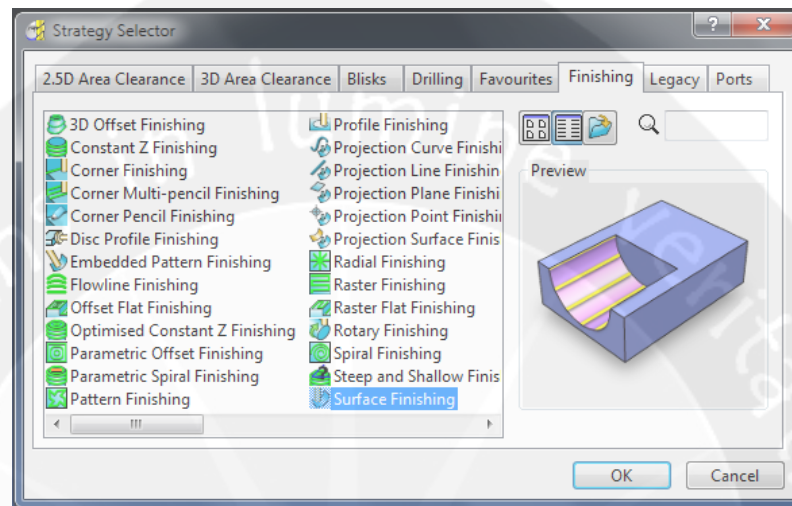
Toolpath strategy ini merupakan alternative dan pengembangan dari *Toolpath strategy Optimised Constant Z* yang menggabungkan antara sudut ambang dari 3D *Offset* dan *Constant Z* sehingga untuk pemakan pada bagian irisan dari sudut yang tidak dapat dikerjakan oleh *Constant Z* dan 3D *Offset* dapat dimakan sempurna. Bentuk dari proses pemakanan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.56 di bawah ini.



Gambar 2.56. *Toolpath Steep and Shallow Finishing*
(Sumber: Delcam, 2012)

z) *Surface Finishing*

Toolpath Surface Finishing memiliki pola pergerakan yang hampir sama dengan *Toolpath Parametric Offset Finishing*. Namun *Toolpath Surface Finishing* mampu mengerjakan model yang memiliki kontur yang lebih rumit. Namun pada prinsip pola pergerakan *cutter*, kedua *Toolpath* ini memiliki pergerakan yang sama.

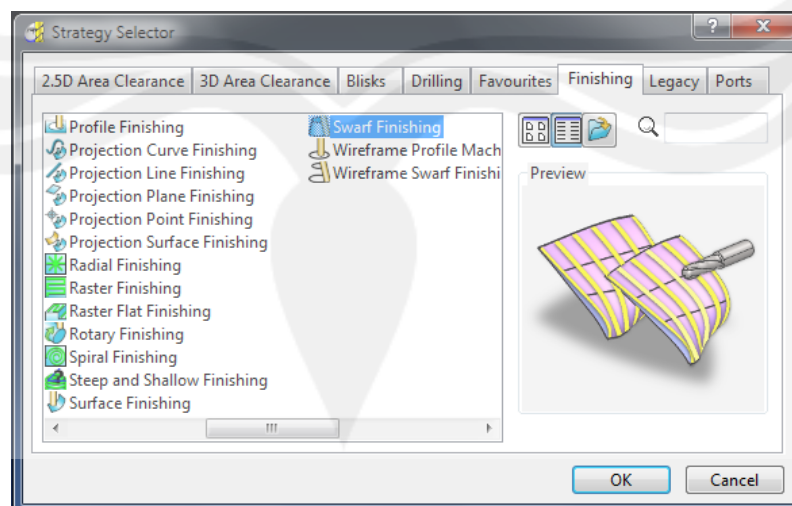


Gambar 2.57. *Toolpath Surface Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

aa) *Swarf Finishing*

Toolpath Swarf Finishing merupakan *Toolpath* yang digunakan untuk proses *semifinishing* pada model yang memiliki *surface* seperti pada gambar 2.58.



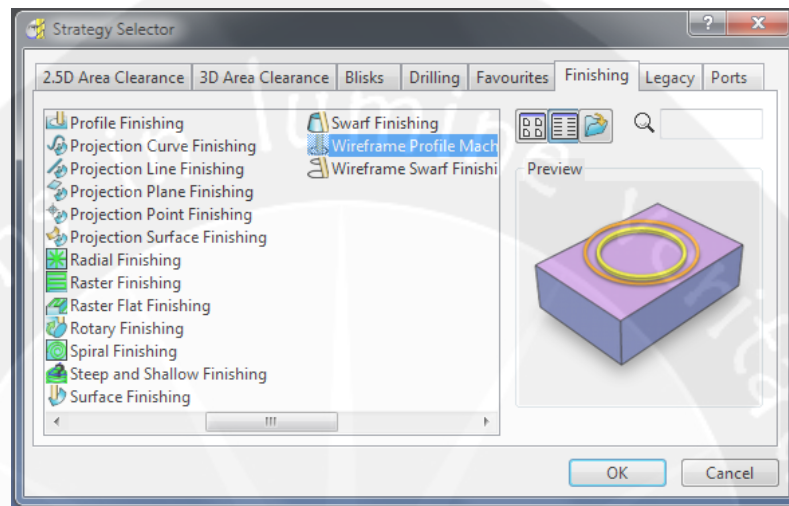
Gambar 2.58. *Toolpath Swarf Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

bb) *Wireframe Profile Machining*

Wireframe Profile machining memungkinkan kita untuk memotong ke kiri atau kanan dari Curve 3D. *Toolpath* ini mirip dengan *wireframe swarf machining* dan *2D curve profiling* pada PowerMILL.

Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Wireframe Swarf Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.59.



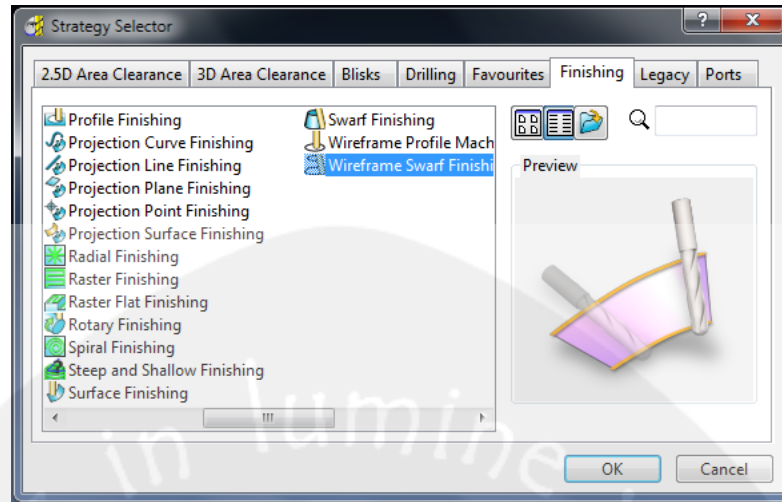
Gambar 2.59. *Wireframe Profile Machining*

(Sumber: Delcam, 2012)

cc) *Wireframe Swarf Finishing*

Toolpath Wireframe Swarf finishing memiliki area kerja yang sama dengan *Toolpath Swarf Finishing*. Namun perbedaan antara *Wireframe Swarf Finishing* dengan *Swarf Finishing* adalah pada *Wireframe Swarf Finishing*, *cutter* hanya melakukan pemakanan material pada pinggir area *surface*, mirip dengan menu *pattern*.

Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Wireframe Swarf Finishing* ditunjukkan pada gambar 2.60.

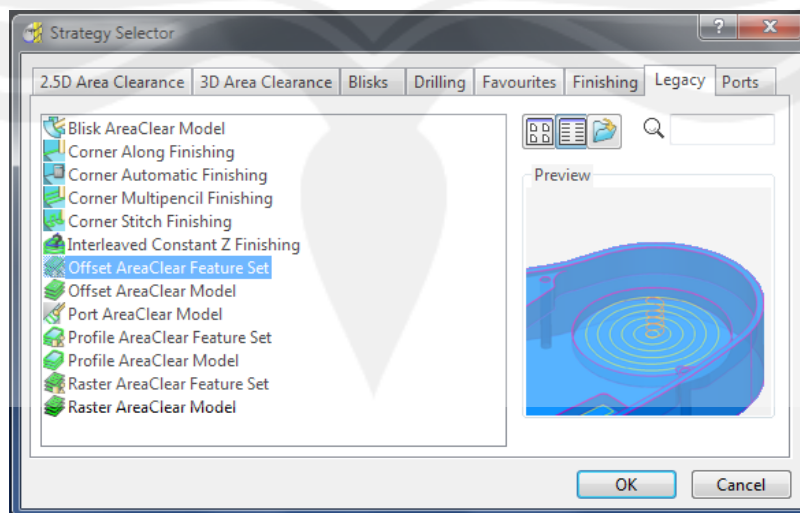


Gambar 2.60. *Toolpath Wireframe Swarf Finishing*

(Sumber: Delcam, 2012)

- *Legacy*

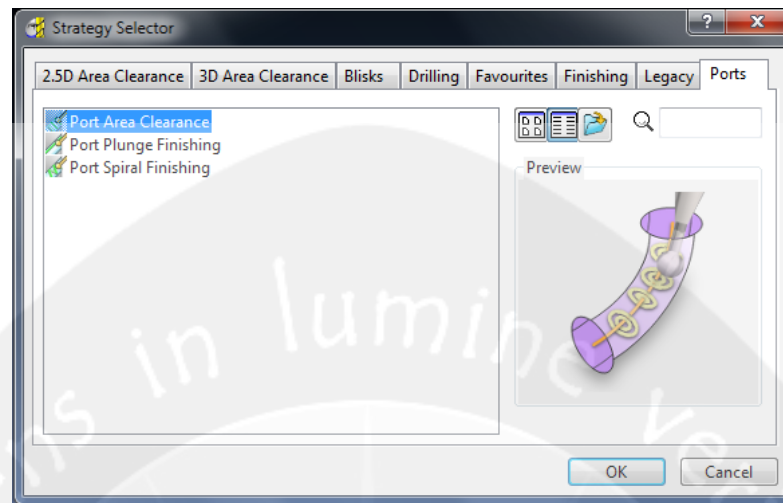
Legacy merupakan salah satu *Toolpath Strategy* yang baru dalam *PowerMill 2012* ini, namun sesungguhnya *option toolpath* yang terdapat di dalamnya merupakan *toolpath strategy* lama yang dijadikan satu. Seperti gambar 2.61. di bawah ini. *Toolpath Strategy* yang terdapat didalamnya adalah *Blisk Area Clearance Model*, *Corner Along Finishing*, *Corner Automatic Finishing*, *Corner MultiPencil Finishing*, *Corner Stich Finishing*, *Interleaved Constant Z Finishing*, *Offset AreaClear Feature Set*, *Offset AreaClear Model*, *Port AreaClear Model*, *Profile AreaClear Feature Set*, *Profile AreaClear Model*, *Raster AreaClear Feature Set*, *Raster AreaClear Model*.



Gambar 2.61. *Toolpath Legacy*

(Sumber: Delcam, 2012)

- *Port*



Gambar 2.62. *Toolpath Port Area Clear Model*
(Sumber: Delcam, 2012)

Port merupakan salah satu *Toolpath strategy* yang telah ada sejak PowerMill versi 7.0. Fungsi dari *Toolpath strategy Port* adalah untuk melakukan proses *finishing* pada model yang memiliki bentuk lubang pipa. *Toolpath port* ini terdapat tiga model pengerjaan

a) *Port Area Clear Model*

Port Area Clear Model merupakan *Toolpath* yang digunakan untuk proses *finishing* pada lubang dengan pola pergerakan berputar dari titik tengah lubang dan terus melebar hingga area lubang yang terluar.

Gambar pola pergerakan *cutter Toolpath Port Area Clear Model* ditunjukkan pada gambar 2.62.

b) *Port Plunge Finishing*

Toolpath Port Plunge Finishing memiliki fungsi yang sama dengan *Toolpath Port Area*, namun yang membedakan adalah pola pergerakan alat potongnya. Pada *Toolpath Port Plunge Finishing*, *cutter* tidak bergerak secara berputar namun *cutter* bergerak naik turun secara terus menerus hingga semua bagian lubang terlewati, dan didapatkan hasil yang halus.

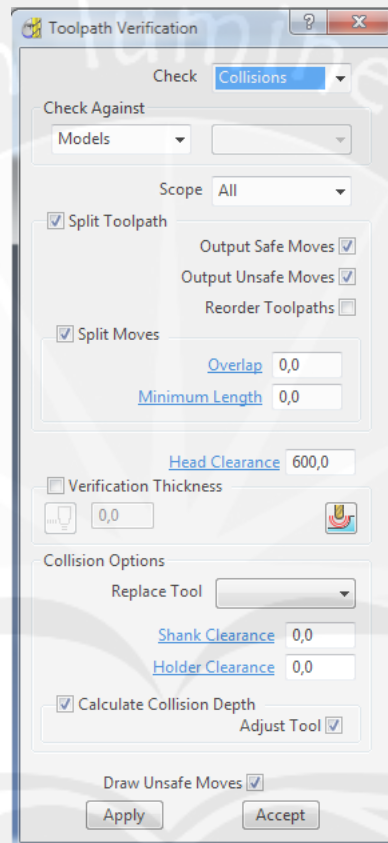
c) *Port Spiral Finishing*

Toolpath Port Spiral Finishing memiliki fungsi yang sama dengan *Toolpath Port Area Clear Model* dan *Toolpath Port Plunge Finishing*. Namun yang berbeda adalah pola pergerakan alat potongnya. Pada *Toolpath Port spiral*

Finishing, cutter bergerak secara *spiral* melingkar pada bagian terluar dari lubang.

vii. *Toolpath Verification*

Menu ini berfungsi untuk memverifikasi *tool* dengan *Toolpath* yang telah dibuat. Yang tujuannya adalah mengecek supaya tidak terjadi kesalahan atau tabrakan antara *tool* dengan model yang dibuat. Pada gambar 2.63 akan ditunjukkan menu pada *Toolpath verification* ini.



Gambar 2.63. *Toolpath Verification*

(Sumber: Delcam, 2012)

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

2.2.6. *Thermoforming*

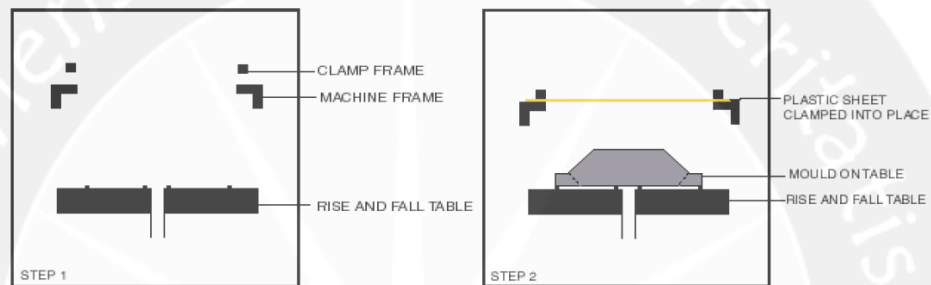
Proses untuk membuat bahan pengemas makanan dari plastik dinamakan proses thermoforming. Prinsip kerja dari proses thermoforming adalah lembaran plastik yang telah dihasilkan oleh proses pemanasan hingga lunak atau lembut. Ini merupakan proses lanjutan lembaran plastik yang kemudian lembaran ini

dibentuk dalam suatu cetakan dengan menggunakan sistem vakum atau dengan udara bertekanan.

Proses *thermoforming* dapat didefinisikan menjadi beberapa step, antara lain : *clamping*, *heating sheet*, *pre-stretch (buble)*, *forming with plug* (penghisapan), *cooling* (pendinginan), *release* (pelepasan) dan *trimming* (pemotongan). Tujuh step proses *thermoforming* antara lain:

a. *Clamping* (Mengkelem)

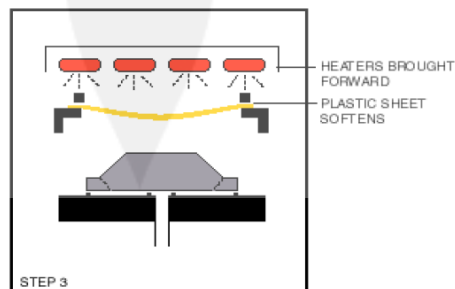
Pada step *clamping*, bingkai kelem harus cukup kuat untuk menangani *thickest* (ketebalan) plastik. Bingkai ini berfungsi untuk menahan plastik saat proses *forming*.



Gambar 2.64. *Clamping Step*
(Sumber : Formech International, 2007)

b. *Heating*

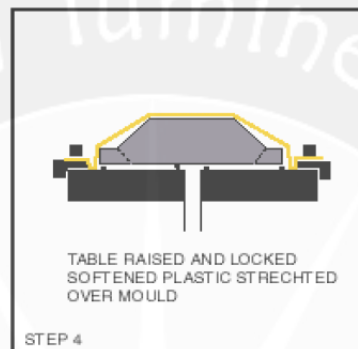
Heater (pemanas) biasanya berupa elemen infra merah dalam sebuah reflektor plat aluminium. Untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam proses *vacuum forming*, dengan menggunakan material apapun, maka penting untuk memanaskan lembaran plastik dalam keadaan udara panas yang seragam meliputi seluruh wilayah dan seluruh ketebalan permukaannya. Heater atau pemanas harus memiliki sistem kontrol untuk menjaga suhu ruangan sesuai dengan temperatur yang diinginkan.



Gambar 2.65. *Heating Step*
(Sumber : Formech International, 2007)

c. *re-stretch (Bubble)*

Setelah plastik mencapai suhu tertentu maka plastik akan berubah bentuk menjadi longgar. *Pre stretched* ini untuk memastikan ketebalan dinding bahkan ketika vakum dihidupkan. *Pre stretch* merupakan fitur yang mengambil bagian ketika pembentukan plastik dengan minimum konsep sudut dan tinggi permukaan detail cetakan. Cara mengendalikan ketinggian gelembung harus sedemikian rupa sehingga hasil yang didapat konsisten. Vacuum maupun tekanan udara membantu dalam memberikan tekanan pada plastik.

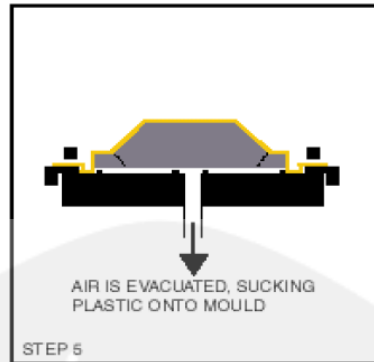


Gambar 2.66. *Pre-stretch*

(Sumber : Formech International, 2007)

d. *Vacuum*

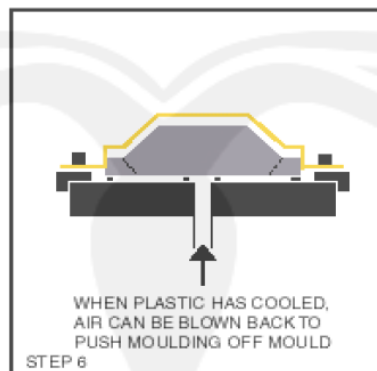
Pada saat *pre stretched*, terjadi kekosongan udara pada celah antara master dan plastik. Aliran udara kering yang dihasilkan pompa vakum digunakan untuk megambil udara yang terperangkap di antara lembar plastik dan cetakan. Pompa vakum yang digunakan harus mampu mempertahankan diferensial tekanan *approx 27 mercury*. Dengan mesin yang lebih besar maka kapasitas volume hisapan akan tinggi. Hal ini dapat mempercepat dalam tahap penghisapana lembar plastik (sebelum suhu pada lembar plastik turun dibawah suhu ideal pembentukan).



Gambar 2.67. *Vacuum*
(Sumber : Formech International, 2007)

e. *Plug Assist*

Plug-assist forming adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kegunaan dari sebuah *male plug tool*. Pada *pneumatic hidrolis* atau silinder berfungsi untuk membentuk bahan menjadi *female mold* atau lebih menekan lembaran plastik setelah proses vakum. Proses ini memungkinkan untuk menarik lembaran plastik sehingga meminimalkan *webbing* (cacat pada plastik berupa anyaman). Hal ini dilakukan untuk menghindari kekosongan pada area tersebut. *Mold* biasanya terbuat dari kayu atau logam, resin merupakan alternatif terbaik untuk bahan plug dikarenakan resin merupakan insulator yang baik. Resin tidak mempengaruhi suhu pada lembar plastik. *Plug* juga merupakan fitur penting yang membantu ketika pembentukan pada lembar, sehingga *plug* dapat meminimalkan rongga pada *male mold* serta meminimalkan *webbing* pada cetakan plastik.

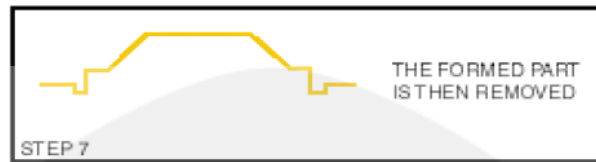


Gambar 2.68.. *Plug Assist*
(Sumber : Formech International, 2007)

f. *Release* (pendinginan)

Pada tahap ini, plastik sudah mengalami proses pendinginan. Penggunaan aliran udara yang dihembuskan pada lembaran plastik akan mempercepat pendinginan

sebesar 30%. Pengaturan suhu yang tepat pada saat pendinginan dapat menghasilkan cetakan yang akurat termasuk konsistensi pendinginan kristal dan *crystallising polymer* seperti: PP, HDPE, dan PET.



Gambar 2.69. *Release*

(Sumber : Formech International, 2007)

g. *Trimming* (pemotongan)

Pada bagian ini, lembaran yang sudah selesai proses forming kemudian ditransfer ke bagian pemotongan untuk proses pemotongan sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

2.2.7. Perhitungan Biaya Pembuatan Kemasan Cokelat

Untuk mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan untuk membuat kemasan cokelat, dapat menggunakan rumusan seperti berikut :

$$B_{(Tot)} = B_{(Des)} + B_{(Mas)} + B_{(Th)} + B_{(Oh)}$$

Keterangan :

$B_{(Tot)}$ = Biaya Total (Rp)

$B_{(Des)}$ = Biaya Desain (Rp)

$B_{(Mas)}$ = Biaya *Mastering* (Rp)

$B_{(Th)}$ = Biaya *Thermoforming* (Rp)

$B_{(Oh)}$ = Biaya *Overhead* (Rp)

a. Biaya Desain ($B_{(Des)}$)

Perhitungan biaya desain adalah perhitungan biaya yang dibutuhkan pada proses mendesain gambar (CAD/CAM). Perhitungan dapat menggunakan rumusan berikut ini :

$$B_{(Des)} = T_{(Des)} \times B_{(Od)}$$

Keterangan :

$T_{(Des)}$ = Waktu yang dibutuhkan untuk mendesain (Jam)

$B_{(Od)}$ = Biaya operator perjam (Rp/jam)

b. Biaya Mastering ($B_{(Mas)}$)

Perhitungan biaya Mastering merupakan perhitungan total biaya yang dikeluarkan saat proses permesinan dengan mesin CNC, termasuk biaya material yang digunakan dan biaya permesinannya. Untuk mendapatkan total biaya Mastering, dapat menggunakan rumusan berikut :

$$B_{(Mas)} = B_{(Mat)} + B_{(Mach)}$$

Dimana :

$$B_{(Mat)} = V_{(Mat)} \times H_{(Mat)}$$

dan

$$B_{(Mac)} = T_{(Mac)} \times B_{(Mac)}$$

Keterangan :

$B_{(Mat)}$ = Biaya Material (Rp)

$B_{(Mac)}$ = Biaya Machining (Rp)

$V_{(Mat)}$ = Volume material yang diperlukan (mm^3)

$H_{(Mat)}$ = Harga Material (Rp/ mm^3)

$T_{(Mac)}$ = Waktu yang dibutuhkan untuk proses Machining (Jam)

$B_{(Mac)}$ = Biaya Machining (Rp/Jam)

c. Biaya Thermoforming ($B_{(Th)}$)

Biaya Thermoforming merupakan biaya yang dibutuhkan saat proses Thermoforming, yaitu biaya material plastik yang digunakan saat proses Thermoforming dilakukan, biaya operator mesin Thermoforming, dan biaya penggunaan mesin Thermoforming. Perhitungan tersebut dapat menggunakan rumusan berikut :

$$B_{(Th)} = B_{(Mp)} + B_{(Pt)}$$

Dimana :

$$B_{(Mp)} = (\text{Jumlah Plastik yang diperlukan}) \times H_{(Pvc)}$$

$$B_{(Pt)} = T_{(Th)} \times \{ B_{(Oth)} + B_{(Mt)} \}$$

Keterangan :

$B_{(Mp)}$ = Biaya Material Plastik (Rp)

$B_{(Pt)}$ = Biaya Proses Thermoforming (Rp)

$H_{(Pvc)}$ = Harga Material Plastik (Rp)

$T_{(Th)}$ = Waktu yang dibutuhkan selama proses Thermoforming (Jam)

$B_{(Oth)}$ = Biaya Operator mesin thermoforming (Rp/Jam)

$B_{(Mt)}$ = Biaya permesinan untuk proses Thermoforming (Rp/Jam)

d. Biaya Overhead ($B_{(Oh)}$)

Biaya Overhead adalah perkiraan biaya lain-lain (diluar biaya tenaga kerja baku dan biaya bahan baku) yang dikeluarkan selama proses desain, permesinan, hingga proses thermoforming. Besarnya biaya overhead adalah 15 % dari total biaya desain, Mastering dan biaya Thermoforming atau dapat dilihat pada rumusan berikut ini:

$$B_{(Oh)} = 15\% \times \{ B_{(des)} + B_{(Mas)} + B_{(Th)} \}$$

e. Biaya Total ($B_{(Tot)}$)

Biaya Total adalah jumlah biaya keseluruhan antara Biaya Desain, Biaya Mastering, Biaya Thermoforming, dan Biaya Overhead.

$$B_{(Tot)} = B_{(Des)} + B_{(Mas)} + B_{(Th)} + B_{(Oh)}$$