

OTOMATISASI PEMBANGKIT PROGRAM NC BERDASARKAN GAMBAR INPUT AUTOCAD 2D UNTUK MACHINING CENTRE MC-520

Bukhari dan Turmizi
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Abstrak

Part program NC merupakan prosedur yang menentukan urutan proses dan posisi pahat relatif terhadap benda kerja yang harus diikuti oleh mesin untuk membuat suatu komponen produk tertentu. Pembuatan part program NC membutuhkan seorang programmer yang mampu membaca gambar teknik dengan baik, mengenal proses pemesinan, dan mampu mengubah informasi gambar tersebut secara benar. Dalam makalah ini dipresentasikan sebuah program pembaca file gambar AutoCAD untuk dibangkitkan ke dalam bentuk part program NC. File gambar AutoCAD yang berformat *.DWG (Drawing) terlebih dahulu dirubah kedalam format *.DXF (Drawing Interchange Format). Semua isi file yang diinputkan dibaca dari awal sampai akhir, yang kemudian disimpan dalam sebuah buffer data. Pada tahap selanjutnya buffer data tersebut akan diekstraksi guna pendefinisian jenis feature, origin feature, dan dimensi feature. Berdasarkan tiga informasi data tersebut maka program pembaca file gambar akan membangkitkan sebuah part program NC dalam format bahasa manual (G-Code) untuk penerapan pada mesin MC-520. Penggunaan program pembangkit program NC ini dalam suatu proses akan dapat menekan angka kesalahan input data pada saat pembuatan program NC, mereduksi waktu pembuatan program NC yang secara keseluruhan juga akan mengurangi waktu produksi.

Kata Kunci: Part program NC, buffer data, feature, bahasa manual

PENDAHULUAN

Part program merupakan prosedur yang menentukan urutan proses, posisi pahat potong relatif terhadap benda kerja, yang harus diikuti oleh mesin untuk membuat suatu part tertentu. Part program selanjutnya disebut program NC. Pembuatan program NC dapat dilakukan secara manual atau dengan bantuan komputer. Komputer membantu melakukan perhitungan-perhitungan yang rumit, sehingga program NC untuk benda-benda kompleks dapat dibuat tanpa kesalahan-kesalahan perhitungan seperti jika dilakukan secara manual.

Banyak perusahaan industri yang memerlukan pengadaan sistem gambar 2D untuk database CAD pada bentuk parameter model 3D untuk melanjutkan modifikasi desain dan proses penyelesaian akhir. Metode Penggambaran model produk dengan menggunakan sistem CAD pada komputer sangatlah mendukung untuk ketelitian dan keakuratan data produk. Hal ini terutama jika didukung dengan suatu perangkat lunak yang bisa mengubah data dari model gambar sistem CAD kedalam bentuk informasi yang dapat diterjemahkan oleh mesin yang akan digunakan untuk melakukan proses tersebut.

Untuk mengantisipasi keadaan di atas dan untuk mendukung integrasi *Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing (CAD/CAM)*, dikembangkan metode lain untuk membuat program NC, yaitu dengan perangkat lunak yang mampu membuat program NC secara otomatis berdasarkan input gambar teknik dari sistem CAD.

TEORI DASAR

Mesin CNC

Mesin CNC adalah sebuah mesin yang system kendalinya dikendalikan oleh sebuah komputer. Dibandingkan dengan mesin konvensional yang setaraf dan sejenis, mesin CNC lebih teliti (*accurate*), lebih tepat (*precise*), lebih luwes (*flexible*), dan lebih produktif (*productive*).

Konsep kontrol numerik dialamatkan pada kontrol proses dengan angka dan symbol. Berdasarkan definisi dasarnya, sebuah sistem kontrol numerik untuk melakukan suatu pekerjaan melengkapi mesin CNC [2].

Tabel 3. Komposisi kimia dan sifat mekanik dari beberapa baja yang dapat dilas

Kategori	Tipe Baja	Kelas	Komposisi Kimia (%)	Struktur	Aspek	Komposisi Kimia (%)										Sifat Mekanik			Keterangan	
						C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo	V	Nb	Al	σ _{0.2} (MPa)	σ _T (MPa)		Elongasi (%)
Baja Karbon Tinggi	JIS S45C	S45C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	R	0.25	0.35	0.035	0.035	0.030							235	355	22	220
	JIS S55C	S55C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L												247	440	18	240
	JIS S65C	S65C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	0.60	0.15	0.035									245	600	12	240
	JIS S75C	S75C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	0.75											255	680	10	240
	JIS S85C	S85C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	0.85											270	780	8	240
	JIS S95C	S95C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	0.95											285	880	6	240
	JIS S105C	S105C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	1.05											300	980	5	240
	JIS S115C	S115C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	1.15											315	1080	4	240
	JIS S125C	S125C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	1.25											330	1180	3	240
	JIS S135C	S135C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	1.35											345	1280	2	240
Baja Karbon Rendah	JIS S235	S235	Fe, C, Mn, P, S	R, L	R	0.25	0.35	0.035	0.035	0.030							235	355	22	220
	JIS S275	S275	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L												275	475	18	220
Baja Paduan	JIS S45C	S45C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	R	0.25	0.35	0.035	0.035	0.030							235	355	22	220
	JIS S55C	S55C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L												247	440	18	240
Baja Paduan Rendah	JIS S45C	S45C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	R	0.25	0.35	0.035	0.035	0.030							235	355	22	220
	JIS S55C	S55C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L												247	440	18	240
	JIS S65C	S65C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	0.60	0.15	0.035									245	600	12	240
	JIS S75C	S75C	Fe, C, Mn, P, S	R, L	L	0.75											255	680	10	240

Catatan 1) R : Rod, L : Lunak, LT : Lunak dan temper, CT : Celup dan temper
 2) A : Amerika, E : Eropa, I : Inggris, J₁ : Jepang, J₂ : Jerman
 3) Batang uji - JIS Z 2201 ; KL : Kekuatan luluh, KT : Kekuatan tarik, P₁ : Perpanjangan
 4) Uji Charpy takik V-2 mm

Sumber : Teknologi pengelasan logam (1988)

KESIMPULAN

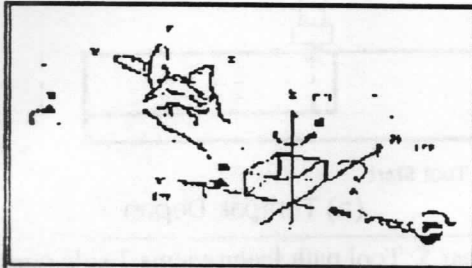
1. Segregasi yang ditimbulkan pada pengelasan baja paduan disebabkan oleh ketidak paduan unsur-unsur kimia yang ada pada Weld metal dan base metal.
2. Retak las yang disebabkan segregasi dapat terjadi pada saat retak dingin dan retak panas.
3. Mampu las baja paduan dapat ditentukan oleh tinggi rendahnya kandungan karbon yang dikandung oleh baja tersebut.
4. Pengelasan yang baik adalah pengelasan yang dapat mengikuti design code yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Andrew Althose, Modern Welding, Technical Vocational Education Consultant Member Of American Welding Society (1992).
2. Harsono Wiryosumarto, Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta, 1988.
3. Kiemas Rifian, Simbol-simbol Pengelasan Sertifikasi Bidang Mekanikal, Laboratorium gambar dan elemen mesin, Jurusan Teknik Mesin ITB, Bandung, 2000.
4. Kosasih, Pengetahuan Bahan Teknik Sertifikasi Bidang Mekanikal, Balai Besar Pertambangan dan Pengembangan Industri Bahan dan Barang Tekniki (BAT), 2000.
5. Tata Surdia, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1985.

Sistem Kordinat Mesin CNC

Machining center merupakan salah satu jenis mesin CNC. Dinamakan dengan *machining center* berbagai proses pemesinan dapat dilakukan pada mesin tersebut. Mesin ini juga dilengkapi dengan ATC (*Automatic Tool Changing*), APC (*Automatic Pallet Changing*), dan AAC (*automatic Attachment Changing*) [5]. Gambar (1) menunjukkan sistem sumbu mesin MC-520.

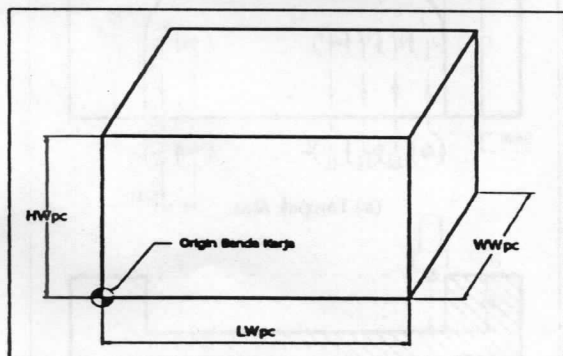


Gambar 1. Sistem sumbu mesin MC-520

Standar ISO 841 (ISO 841, Numerical Control of Machines – Axes and Motion Nomenclature) mendefinisikan system kordinat kartesian bagi gerakan tiga sumbu X, Y, Z dan sumbu putaran A, B, C. Arah gerakan translasi positif mengikuti kaedah tangan kanan dan putaran positif mengikuti kaedah sekrup ulir kanan.

Benda Kerja (Raw Material)

Benda kerja yang direncanakan dalam perancangan ini berbentuk prisma dimana penentuan dari dimensi benda kerja tersebut mengambil satu titik acuan yang dinamakan dengan titik nol benda kerja. Gambar (2) adalah bentuk, dimensi, dan posisi origin benda kerja.



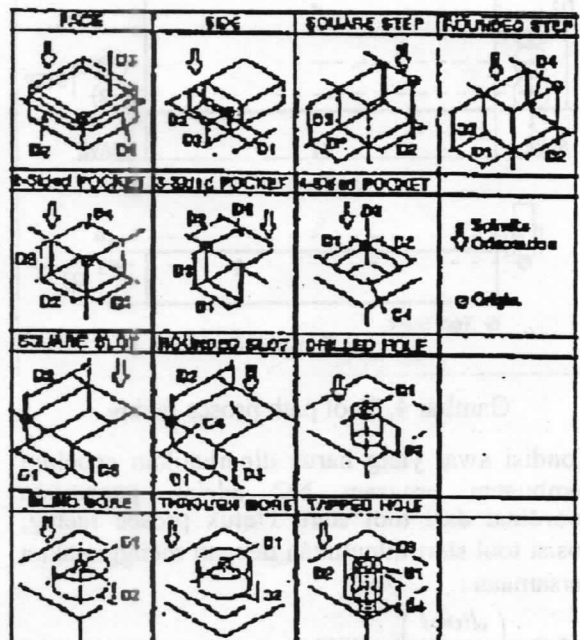
Gambar 2. Bentuk, Dimensi, dan Posisi Origin Benda Kerja

Geometri Feature

Geometri feature adalah kumpulan daripada anggota-anggota geometri seperti permukaan, kurva, dan titik yang memiliki suatu pengaruh dalam perencanaan proses [3].

Hal-hal yang berkaitan dengan karakteristik komponen secara normal adalah geometri, topologi, ukuran material, penyelesaian permukaan, dan keakuratan yang diminta. Feature memberikan konsep yang lebih tinggi dan mengartikan karakteristik komponen dengan cara membagi geometric komponen dalam bentuk yang dapat dikenal dan memiliki arti tertentu. Feature sangat dipertimbangkan sebagai media komunikasi antara desain dan manufaktur [4].

Gambar (3) adalah bentuk geometri feature mesin MC-520. Dimensi feature (D1, D2, D3, dan D4) merupakan dimensi yang akan dibuang atau dengan kata lain bagian yang akan dilakukan proses pemesinan. Bentuk feature yang direncanakan dibagi atas dua jenis, yaitu prismatic dan silindris.



Gambar 3. Bentuk geometri feature MC-520

Basis Data CAD

AutoCAD sebagai salah satu dari system CAD mempunyai basis data yang menyimpan data setiap elemen gambar (*entity*) yang dibuat. Basis data ini menggambarkan data-data yang selalu terdapat pada setiap elemen gambar, yaitu jenis elemen gambar, lokasi pada bidang gambar, serta layar dimana komponen itu berada.

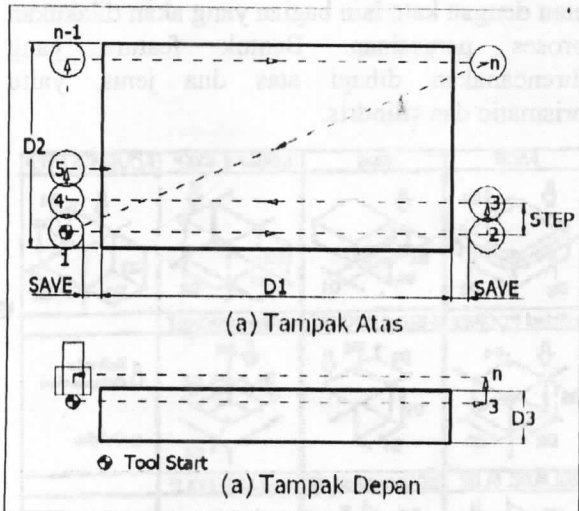
Banyak jenis software yang dapat dihubungkan dengan system AutoCAD. AutoCAD juga sudah banyak digunakan untuk berbagai jenis aplikasi gambar 2 dimensi. Pemakai dapat mengembangkan aplikasi program sesuai dengan

lingkungan disekitar sistem. Format standar yang digunakan untuk perubahan file dari AutoCAD adalah ke bentuk file dengan ekstensi *.DXF [1].

METODE PERANCANGAN

Perancangan Tool path Feature Facing

Facing digunakan untuk meratakan permukaan dan mendapatkan kualitas permukaan sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Proses ini terbagi dalam dua langkah, yaitu langkah *roughing* dan langkah *finishing*. Gambar (4) adalah model tool path yang direncanakan untuk proses facing.



Gambar 4. Tool path proses facing

Kondisi awal yang harus diperhatikan sebelum pembuatan program NC adalah penentuan koordinat dari tool start. Untuk proses facing, posisi tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$stx = -\left(\frac{dtool}{2}\right) - save$$

$$sty = 0,45.dtool$$

$$stz = ori_Z$$

dimana :

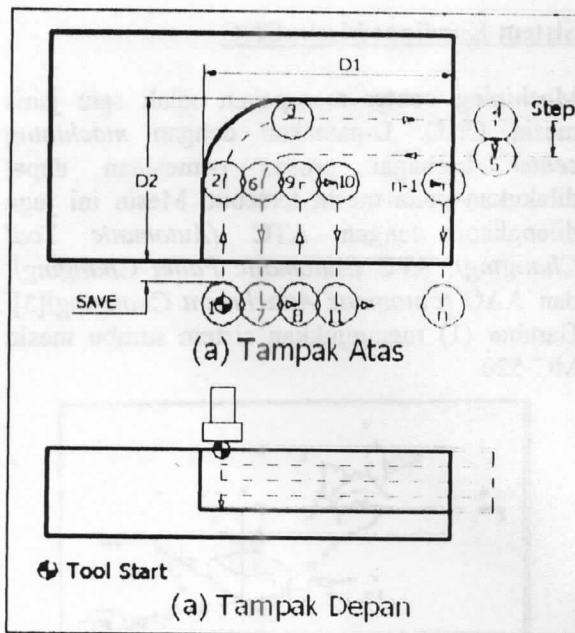
stx = posisi tool start dalam sumbu X

sty = posisi tool start dalam sumbu Y

stz = posisi tool start dalam sumbu Z

Perancangan Tool Path Feature 2-Side Pocket

Gambar (5) adalah model tool path untuk proses pemesinan feature jenis 2-side pocket.



Gambar 5. Tool path feature jenis 2-side pocket

Titik awal tool atau tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

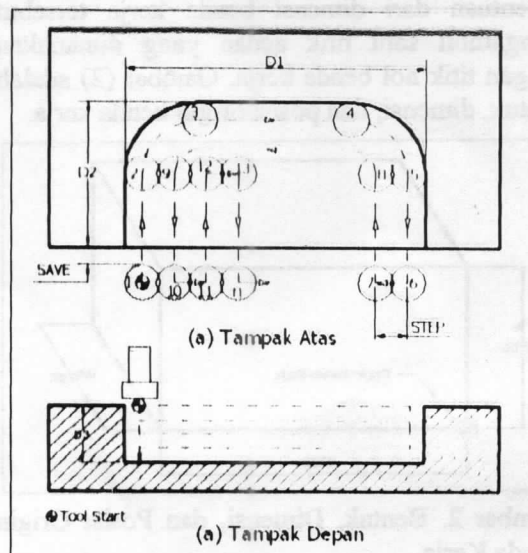
$$stx = raw[100].x - abs(D1) + dtool / 2$$

$$sty = ori[100].y - \frac{dtool}{2} - save$$

$$stz = ori[100].z$$

Perancangan Tool Path Feature 3-Side Pocket

Gambar (6) adalah jenis tool path yang direncanakan untuk pemesinan feature jenis 3-side pocket.



Gambar 6. Tool path feature jenis 3-side pocket

Titik awal tool atau tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

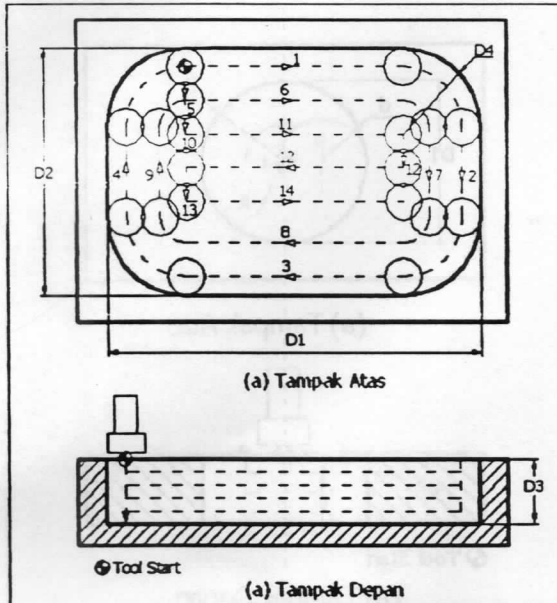
$$stx = ori[100].x + \frac{dtool}{2}$$

$$sty = ori[100].y - \frac{dtool}{2} - save$$

$$stz = ori[100].z$$

Perancangan Tool Path Feature 4-Side Pocket

Gambar (7) adalah jenis tool path yang direncanakan untuk pemesian feature jenis 4-side pocket.



Gambar 7. Tool path feature jenis 4-side pocket

Titik awal tool atau tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

$$stx = ori[100].x + D4$$

$$sty = ori[100].y - \frac{dtool}{2}$$

$$stz = ori[100].z + 5$$

Perancangan Tool Path Feature Square Step

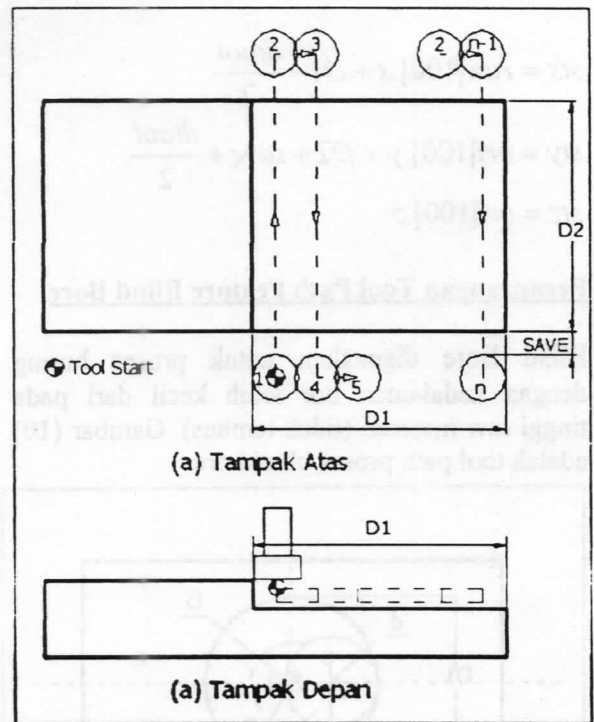
Gambar (8) adalah jenis tool path yang direncanakan untuk pemesian feature square step.

Titik awal tool atau tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

$$stx = raw[100].x - D1 + \frac{dtool}{2}$$

$$sty = ori[100].y - D2 - save - \frac{dtool}{2}$$

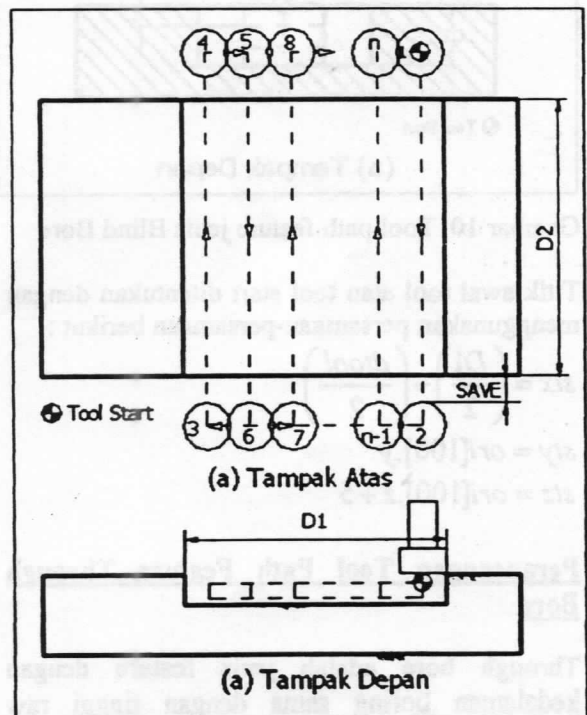
$$stz = ori[100].z$$



Gambar 8. Tool path feature jenis Square Step

Perancangan Tool Path Feature Square Slot

Gambar (9) adalah jenis tool path yang direncanakan untuk pemesian feature square slot.



Gambar 9. Tool path feature jenis Square Slot

Titik awal tool atau tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

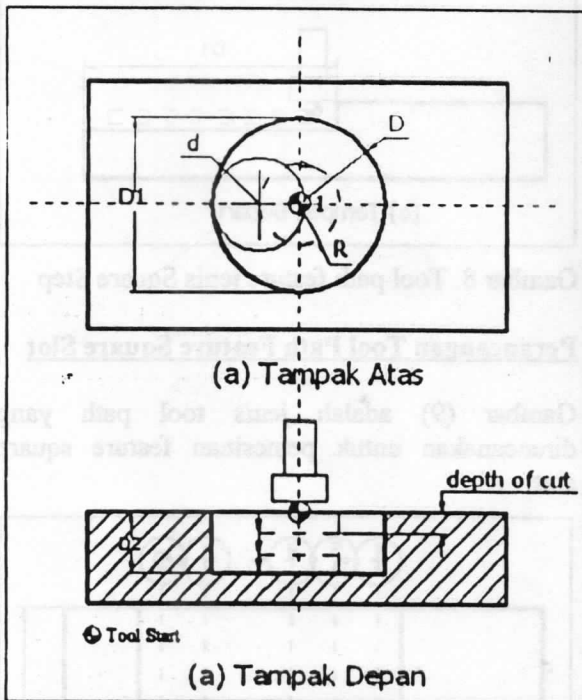
$$stx = raw[100].x + D1 - \frac{dtool}{2}$$

$$sty = ori[100].y + D2 + save + \frac{dtool}{2}$$

$$stz = ori[100].z$$

Perancangan Tool Path Feature Blind Bore

Blind Bore digunakan untuk proses boring dengan kedalaman bor lebih kecil dari pada tinggi raw material (tidak tembus). Gambar (10) adalah tool path proses blind bore.



Gambar 10. Tool path feature jenis Blind Bore

Titik awal tool atau tool start ditentukan dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

$$stx = \left(\frac{D1}{2}\right) - \left(\frac{dtool}{2}\right)$$

$$sty = ori[100].y$$

$$stz = ori[100].z + 5$$

Perancangan Tool Path Feature Through Bore

Through bore adalah jenis feature dengan kedalaman boring sama dengan tinggi raw material. Gambar (11) adalah gambar toolpath untuk feature jenis through bore.

Parameter program NC untuk tool path through bore ditentukan dengan persamaan-persamaan berikut :

1. Jumlah pengulangan sub program untuk kedalaman makan (sum_Z) adalah :

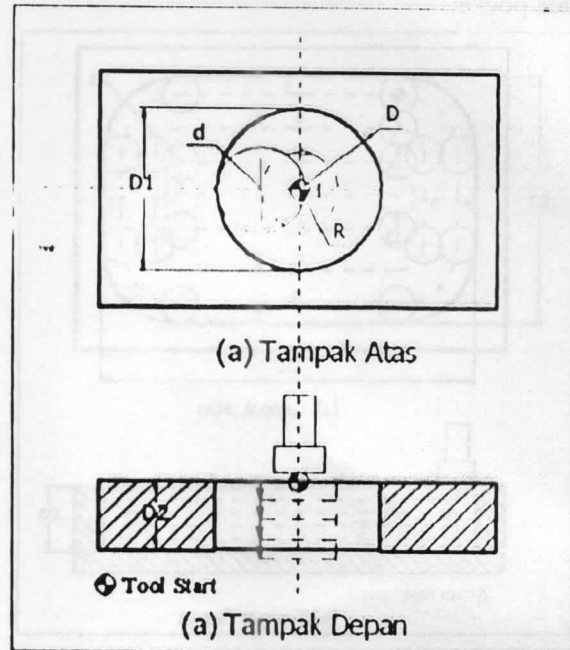
$$sum_Z = \left(\frac{abs(D2) + 2}{abs(Z)}\right) - 1$$

2. Kedalaman makan total (z_tot) adalah :

$$z_tot = sum_Z \cdot abs(Z) + abs(Z)$$

3. Sisa material dalam sumbu Z ($sisaz$) adalah :

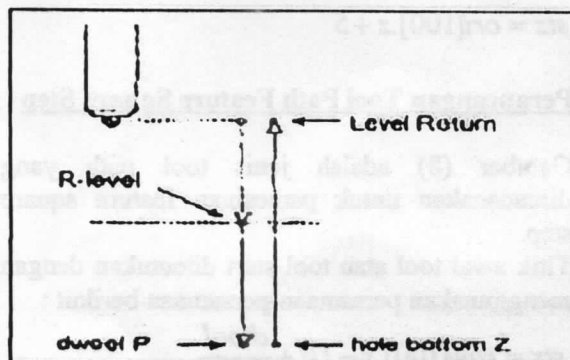
$$sisaz = (abs(D2) + 1 - z_tot)$$



Gambar 11. Tool path feature jenis through Bore

Perancangan Tool Path Proses Tapped Holed

Gambar (12) adalah jenis tool path yang direncanakan untuk pemessinan feature tapped hole.



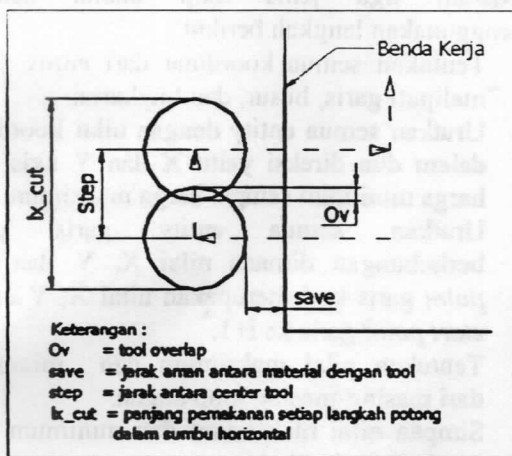
Gambar 12. Tool path proses tapped hole

PEMBAHASAN

Dalam perancangan program pembangkit program NC, gerakan tool yang direncanakan adalah khusus untuk proses pemakanan benda kerja, dimana posisi tool awal dianggap berada pada posisi tool start point. Tool start point dihitung dengan mengambil titik referensi origin benda kerja.

Perhitungan Posisi Tool Feature Prismatik

Perhitungan yang digunakan pada perancangan ini pada umumnya hampir sama untuk semua jenis feature. Gambar (13) menunjukkan arah gerakan tool feature prismatis.



Gambar 13. Posisi dan arah gerakan tool feature prismatic

- Overlap (Ov) ditentukan dengan perbandingan
 $Ov = 0,1 \cdot d_{tool}$
- Panjang pemakanan (lx_{cut}) dalam arah horizontal
 $lx_{cut} = 2 \cdot d_{tool} - 2 \cdot Ov$
- Panjang langkah (ly) dalam arah horizontal
 $ly = D2 + d_{tool} + (2 \cdot save)$
- Jumlah langkah (sum_{step}) ditentukan dengan rumus

$$sum_{step} = \left(\frac{D1}{lx_{cut}} \right) + 0,5$$

- Panjang pemakanan total (lx_{cut}_{tot}) dalam arah sumbu X
 $lx_{cut}_{tot} = sum_{step} \cdot lx_{cut}$
- Sisa material dalam arah sumbu X adalah :
 $lx_{sisa} = D1 - lx_{cut}_{tot}$
- Jumlah pemakanan (lz) dalam arah sumbu Z
 $lz = D3 / Z$

Keterangan :

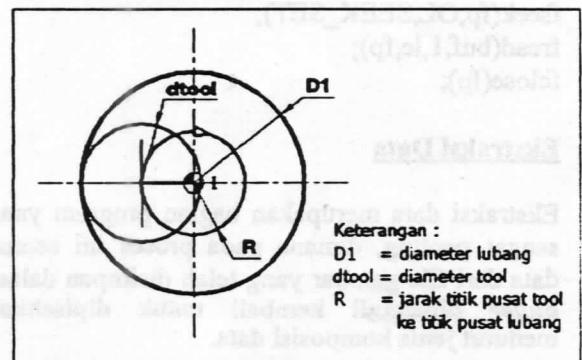
- D_{tool} = diameter tool
- $D1$ = diameter feature dalam sumbu X
- $D1$ = diameter feature dalam sumbu Y
- $D1$ = diameter feature dalam sumbu Z
- Save = jarak aman antara tool dengan benda kerja

Perhitungan Posisi Tool Feature Silindris

Kondisi gerakan tool pada feature jenis silindris dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

- Jarak antara tool dengan pusat lubang (R) adalah :
 $R = (D1 - d_{tool}) / 2$
- Jumlah pemotongan dalam arah sumbu Z adalah :
 $z_{cut} = D2 / Z$
- Sisa material dalam arah sumbu Z adalah :
 $z_{sisa} = D2 - (z_{cut} \cdot Z)$

Posisi dan arah gerakan tool feature jenis silindris ditunjukkan dalam gambar (14).



Gambar 14. Posisi dan arah gerakan tool feature jenis silindris

Perencanaan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang dalam sistem ini digunakan untuk mengatur arah gerakan tool untuk mesin MC-520 dalam format bahasa manual (*G-Code*). Perangkat lunak ini dirancang dengan menggunakan bahasa C++ dengan menggunakan compiler Borland versi 4.0.

File Input

Agar perangkat lunak yang dirancang dapat berkomunikasi dengan CAD, maka file gambar AutoCAD yang berekstensi *.DWG terlebih dahulu di konversikan ke dalam format *.DXF (*Drawing Interchange Format*). File gambar AutoCAD dengan *.DXF mempunyai

serangkaian informasi berupa entity yang merupakan posisi titik-titik pada sumbu X, Y, dan Z dari setiap jenis komponen gambar (*line*, *arc*, dan *circle*)

Pembacaan File Input

Komunikasi antara AutoCAD dengan perangkat lunak pembangkit program NC dimulai dengan menterjemahkan file gambar yang berekstensi *.DXF. Pembacaan file gambar tersebut diaktifkan dengan menggunakan perintah berikut:

```
FILE*fp;
char file_inp[50];
cout<<"File Data Feature :";
cin>>file_inp;
if((fp=fopen(file_inp,"rb"))==NULL)
{
    cout<<"Invalid File Name";
}
fseek(fp,OL,SEEK_END);
le=ftell(fp);
fseek(fp,OL,SEEK_SET);
fread(buf,1,le,fp);
fclose(fp);
```

Ekstraksi Data

Ekstraksi data merupakan bagian program yang sangat penting, dimana pada proses ini semua data dari file gambar yang telah disimpan dalam *buffer* dipanggil kembali untuk dipisahkan menurut jenis komposisi data.

Pemisahan Jenis feature

Pemisahan jenis entity (*line*, *arc* dan *circle*) yang ada dalam file gambar dilakukan dengan mencari posisi kata LINE, ARC, dan CIRCLE pada file gambar input. Setiap informasi mengenai kata *line*, *arc* dan *circle* yang didapat disimpan dalam bentuk array untuk pemrosesan data tahap selanjutnya. Adapun perintah yang digunakan untuk ekstraksi tersebut adalah sebagai berikut :

```
Void num_line();
{
    for(i=0;i<le;++i)
    {
        if((buf[i-4]=='L')
        &&(buf[i-3]=='I')
        &&(buf[i-2]=='N')
        &&(buf[i-1]=='E')
        &&(buf[i]=='3'))
        }
}
```

Pemisahan Loop

Entity dalam sebuah file DXF ditulis dalam nomor *particular order*, dan informasi tentang keterhubungan antar sesama entity tidak begitu jelas.

Dalam ekstraksi loop dua dimensi, langkah pertama gambar dikenalkan dalam tiga tampilan utama, yaitu pandangan depan, pandangan samping, dan pandangan atas. Setiap pandangan mempunyai nilai batas maksimum dan nilai batas minimum.

Ketiga pandangan gambar kemudian dipisahkan kedalam tiga jenis loop utama dengan menggunakan langkah berikut :

1. Temukan semua koordinat dari entity yang meliputi garis, busur, dan lingkaran.
2. Urutkan semua entity dengan nilai koordinat dalam dua direksi yaitu X dan Y axis dari harga minimum sampai harga maksimum.
3. Urutkan semua entity garis yang berhubungan dimana nilai X, Y dan *end point* garis ke-i merupakan nilai X, Y untuk *start point* garis ke i+1.
4. Tentukan nilai maksimum dan minimum dari masing-masing loop utama.
5. Simpan nilai maksimum dan minimum dari masing-masing loop utama.

Dimensi Produk

Nilai batas dari masing-masing loop utama diinisialkan dengan suatu variabel Xmin untuk nilai batas minimum pada sumbu X, variable Xmax untuk nilai batas maksimum pada sumbu X, variable Ymin untuk nilai batas minimum pada sumbu Y, dan variabel Ymax untuk nilai batas maksimum pada sumbu Y.

Dimensi raw material dalam koordinat X dapat ditentukan dengan mengurangi variabel Xmin dari variabel Xmax, dan dimensi dalam arah sumbu Y didapat dengan mengurangi variabel Ymin dari variabel Ymax.

Dimensi produk dapat dilihat dari tiga tampilan utama, panjang dari produk diperlihatkan pada padangan depan dan didefinisikan dengan LWpc (*Length Workpiece*), lebar produk diperlihatkan dari pandangan samping dan diinisialkan dengan WWpc (*Width Workpiece*), serta tinggi produk dapat dilihat dari pandangan atas yang diinisialkan dengan HWpc (*Height Workpiece*).