

PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK SISTEM INTERPOLATOR MESIN MULTI MATERIAL DEPOSITON INDIRECT *SINTERING* (MMD-Is)

Susilo Adi Widyanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik UNDIP

Abstrak

Aspek kualitas dan produktivitas merupakan alasan dasar pengembangan mesin-mesin produksi berbasis komputer. Salah satu bagian dalam sistem operasinya disebut sistem interpolator yang berfungsi untuk membagi gerakan tiap aksis. Paper ini melaporkan hasil penelitian tentang pengembangan perangkat lunak interpolator untuk aplikasi proses MMD-Is. Data masukan berupa format perintah gerakan dalam kode G dan luaran berupa sinyal aktivasi motor stepper melalui parallel port. Fungsi-fungsi yang dikembangkan meliputi G00, G01 dan G02.

Kata Kunci: Interpolator, kode G, parallel port, motor stepper

LATAR BELAKANG

Pada mesin CNC, sistem kendali berbasis komputer digunakan sebagai *signal processing*, perhitungan kecepatan makan, perhitungan interpolasi di antara titik data, pengaturan koordinat dan kecepatan yang dihubungkan dengan perangkat keras sistem kendali. Berbagai jenis gerakan hasil koordinasi antar sumbu gerak dinyatakan dalam bentuk lintasan linier, *circular*, parabolik bahkan lintasan eliptik (Koren, 1982). Untuk proses sinkronisasi gerakan tersebut diperlukan suatu sistem interpolator yang secara khusus bertugas membagi gerakan tiap aksis berdasarkan perintah gerakan global yang diwujudkan dalam bentuk sinyal perintah gerakan ke sistem penggerak.

Pada dasarnya terdapat dua jenis CNC yaitu: sistem pulsa referensi dan sistem data sampel. Pada sistem pulsa referensi, komputer menghasilkan pulsa referensi bertahap untuk tiap aksis gerakan, masing-masing pulsa membangkitkan gerakan sebesar 1 BLU (*basic length unit*). Jumlah pulsa menyatakan posisi sedangkan frekuensi mempresentasikan kecepatan gerakan. Pulsa dapat menggerakkan motor *stepper* dalam sistem open loop atau dihubungkan dengan sistem loop tertutup. Dengan teknik data sampel, loop sistem kendali tiap sumbu gerak dikendalikan oleh sistem komputer individual yang membangkitkan data biner referensi. Dua jenis CNC tersebut membutuhkan rutin interpolasi dalam program pengendali untuk membangkitkan sinyal referensinya (pulsa atau data biner).

Seluruh pulsa referensi interpolator didasarkan pada sebuah teknik kendali iteratif oleh interupsi clock. Setiap interupsi, iterasi tunggal dari suatu rutin dieksekusi, yang menghasilkan sebuah pulsa output. Kecepatan maksimum aksis proporsional dengan frekuensi interupsi yang tergantung pada waktu eksekusi dari algoritma interpolator. Terdapat tiga metode pulsa referensi, yaitu:

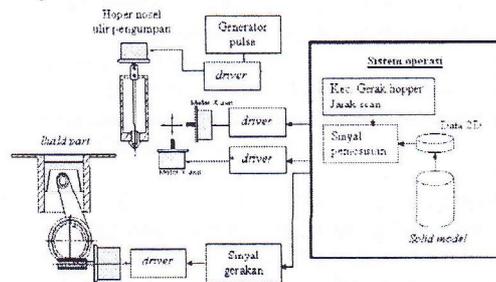
- Metode perangkat lunak DDA, yang didasarkan pada simulasi perangkat keras DDA

- Metode pendekatan stairs, yang didasarkan pada aktivasi segmen dengan tahapan BLU pada sumbu X atau Y
- Metode pencarian langsung, yang didasarkan pada kriteria kesalahan minimum.

Paper ini secara khusus membahas hasil penelitian pengembangan perangkat lunak sistem interpolator untuk interpolasi linier dan *circular*. Luaran sistem interpolator berupa sinyal aktivasi motor *stepper* melalui pin-pin *parallel port*.

KONFIGURASI SINYAL LUARAN INTERPOLATOR UNTUK AKTIVASI MOTOR *STEPPER*

Konfigurasi sistem kendali mesin MMD-Is seperti ditunjukkan oleh Gambar 1. Menggunakan *decoder* tertentu, pengaturan gerakan (pemosisian dan kecepatan) motor *stepper* hanya memerlukan dua bit data yang berupa sinyal dan arah gerakan seperti ditunjukkan Tabel 1.

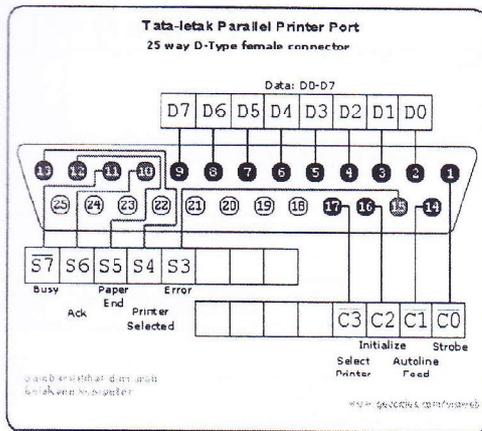


Gambar 1. Sistem pengendalian mesin MMD-Is

Tabel 1. Bit pengaturan gerakan motor *stepper*

Bit 1	Bit 2	Motor <i>stepper</i>
Signal	1	Bergerak ke kanan
Signal	0	Bergerak ke kiri
-	1/0	Motor diam

Sinyal hasil olahan interpolator dikeluarkan melalui pin *parallel port* dengan konfigurasi seperti ditunjukkan Gambar 2.



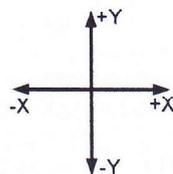
Bit	Sinyal aktivasi
D5	Sinyal motor <i>stepper</i> piston <i>build part</i>
D4	Arah motor <i>stepper</i> piston <i>build part</i>
D3	Sinyal motor <i>stepper</i> sumbu Y
D2	Arah motor <i>stepper</i> sumbu Y
D1	Sinyal motor <i>stepper</i> sumbu X
D0	Arah motor <i>stepper</i> sumbu X

Gambar 2. Konfigurasi pin *parallel port* (Koselan, 2002) dan penggunaannya sebagai gerbang sinyal aktivasi motor penggerak

Agar dapat dikendalikan oleh sistem operasi, maka proses inialisasi *parallel port* harus dilakukan terlebih dahulu. Dan untuk mempermudah proses pemrogramannya, pengaturan sinyal aktivasi dinyatakan dalam format : *Port* (alamat *port*, data sinyal aktivasi), (Alamsyah dan Widyanto, 2004);
Contoh :

Port (\$378, \$20);

Hal utama yang harus dilakukan sebelum penyusunan format perintah gerakan adalah pendefinisian sumbu gerakan. Dalam proses MMD-Is, interpolasi gerak hanya dilakukan oleh dua sumbu gerak yaitu sumbu X dan Y, sedangkan sumbu gerak Z bergerak dengan siklus konstan yang merupakan gerakan tebal lapisan. Pendefinisian sumbu gerakan ditunjukkan Gambar 3.



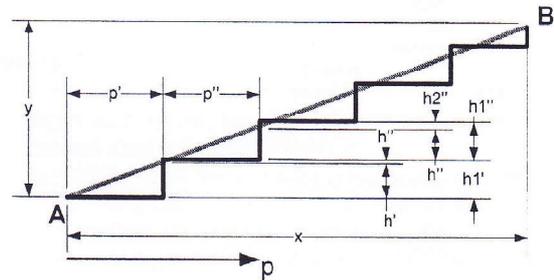
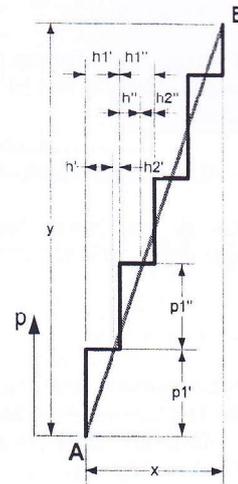
Gambar 3. Sumbu gerakan mesin MMD-Is

INTERPOLASI LINIER

Pendekatan Interpolasi linier terhadap garis lurus yang menghubungkan *start point* dan *end point* secara umum dinyatakan dalam notasi-notasi seperti Gambar 4.

beberapa hal yang ditetapkan untuk penentuan persamaan gerakan adalah sebagai berikut:

- Nilai p_1' , h' , h_1' dan h_2' menyatakan nilai p_1 , h , h_1 dan h_2 pada tahap gerakan pertama, sedangkan nilai p_1'' , h'' , h_1'' dan h_2'' menyatakan nilai p_1 , h , h_1 dan h_2 pada tahap gerakan kedua, dan seterusnya
- Sumbu referensi adalah sumbu yang searah dengan gerakan awal



Gambar 4. Gerakan aktual dan garis ideal pada Interpolasi linier (Anes dan Widyanto, 2000)

Untuk menghasilkan gerakan interpolasi linier tersebut, motor *stepper* X bergerak searah sumbu +X dengan total pergerakan x , sedangkan motor *stepper* Y bergerak searah sumbu y . Jika $y > x$ (Gambar a), maka pergerakan awal dilakukan oleh motor *stepper* Y sejauh p_1 , lalu motor *stepper* X sejauh h_1 . Kombinasi gerakan kedua motor *stepper* sejauh p_1 dan h_1 dengan nilai dapat bervariasi pada setiap tahap gerakannya hingga gerakan total sumbu Y sama dengan y . Kondisi tersebut dapat digambarkan dalam persamaan sebagai berikut:

P adalah pergerakan absolut searah sumbu referensi yang digunakan untuk menentukan jarak pergerakan aktual searah sumbu referensi tiap tahap gerakan yang disebut dengan p_1 , sehingga:

$$p1 = p - a$$

Dimana:

p1 : merupakan pergerakan pahat searah sumbu referensi

a : merupakan jarak total pergerakan pahat aktual yang ditempuh tahap sebelumnya

Kenaikan p dan p1 terus terjadi hingga pembulatan nilai h (h1) sama dengan 1.

$$h = x/y \cdot p1$$

bila h1 adalah nilai integer dari bilangan riil h, maka dengan memperhitungan selisih h dan h1, persamaan nilai h dapat dinyatakan:

$$h = x/y \cdot p1 + h2, \text{ sedangkan } h2 = h - h1$$

persamaan-persamaan di atas hanya berlaku untuk sumbu Y, sedangn untuk sumbu X, persamaan menjadi:

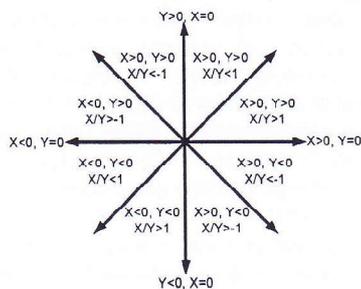
$$h = y/x \cdot p1 + h2$$

menggunakan seluruh persamaan tersebut, nilai p1 dan h1 tiap tahap gerakan (merupakan kelipatan dari BLU) dapat ditentukan. Ekspresi persamaan-persamaan tersebut dapat dituliskan dalam perintah pemrograman sebagai berikut (disebut dengan sub program 1):

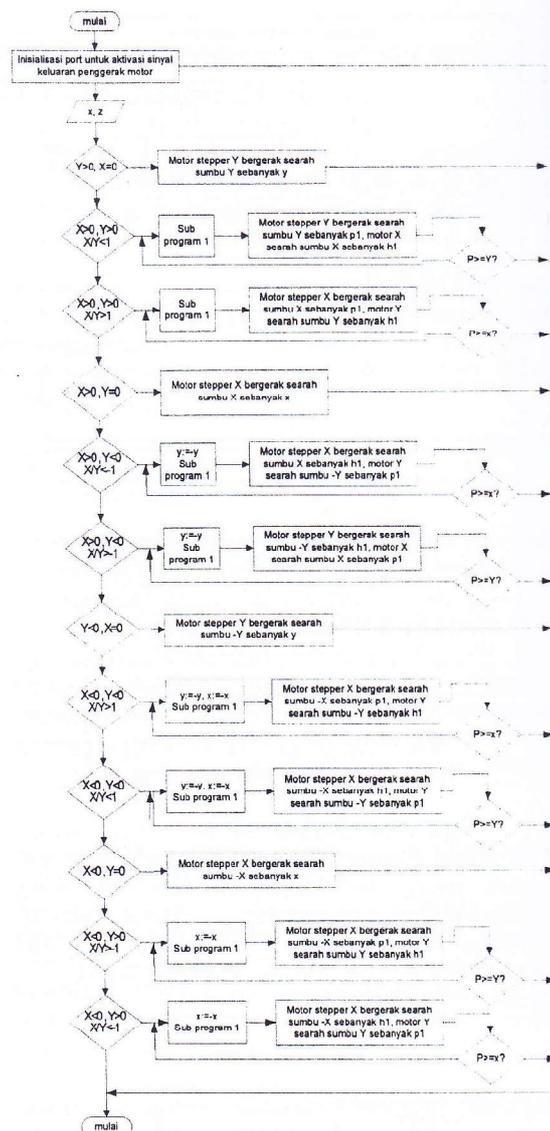
```

begin
h2:=0; a:=0;
repeat
    p:=p+1;
    p1:=p-a;
    if z>= then
        h:= ((z*p1)/x)+h2;
    h1 :=round(h);
    until (h1=1) or (p>x);
    h2:=h-h1;
    a:=p;
end;
    
```

Untuk menghasilkan variasi gerakan yang tergantung pada *start point* dan *end point*, maka mendefinisikan kuadran gerakan diperlukan seperti ditunjukkan Gambar 5. Diagram alir pemrograman seperti ditunjukkan Gambar 6 yang menyatakan kondisi-kondisi batas untuk tiap daerah kuadran gerakan.

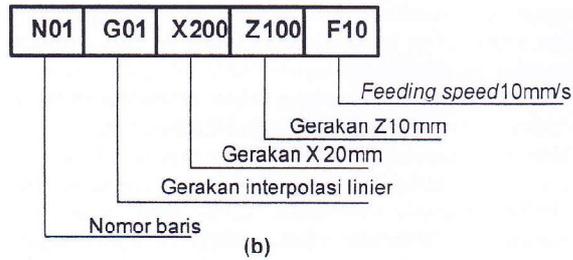
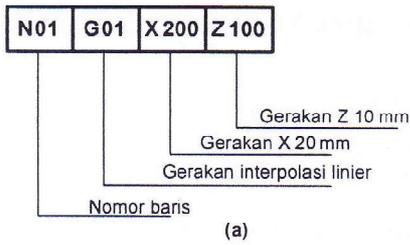


Gambar 5. Kuadran gerakan untuk interpolasi linier

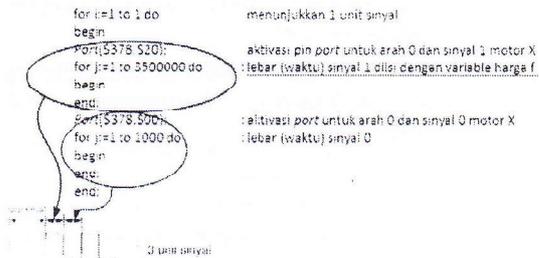


Gambar 6. Diagram alir pemrograman interpolasi linier

Interpolasi linier dibedakan menjadi dua kondisi, yaitu G00 merupakan interpolasi linier berkecepatan penuh yang digunakan untuk pemosisian tanpa proses deposisi, sedangkan G01 merupakan interpolasi linier dengan pengaturan kecepatan (nilai f). G01 digunakan untuk gerakan pendeposisian serbuk produk. Perbedaan penulisan perintah antara G00 dan G01 seperti ditunjukkan Gambar 7. Pada metode pemrograman, kondisi ini dibedakan pada pendefinisian harga pewaktuian pada sinyal *high* dan *low*. Struktur program pengaturan kecepatan digerakan seperti ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 7. a).penulisan perintah gerakan G00, b) perintah gerakan G01

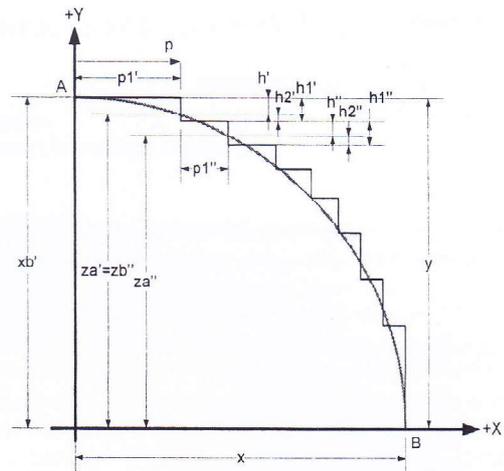


Gambar 8. Pengaturan kecepatan gerakan pada teknik pemrograman

INTERPOLASI CIRCULAR

Pada paper ini hanya dibahas pengembangan sistem interpolator untuk interpolasi *circular* seperempat lingkaran dengan konfigurasi gerakan searah jarum jam atau G02. Pendekatan interpolasi *circular* terhadap kurva ideal seperti ditunjukkan Gambar 9. Beberapa hal yang ditetapkan untuk penentuan persamaan gerakan adalah sebagai berikut:

- Harga $p1'$, h' , $h1'$, $h2'$, zb' dan za' menyatakan nilai $p1$, h , $h1$, $h2$, zb dan za pada tahap gerakan pertama, sedangkan $p1''$, h'' , $h1''$, $h2''$, zb'' dan za'' menyatakan nilai $p1$, h , $h1$, $h2$, zb dan za pada tahap gerakan kedua demikian seterusnya.
- Sumbu referensi adalah sumbu sejajar antara p atau $p1$ dengan arah tahap gerakan pertama yang nilainya lebih besar.



Gambar 9. Notasi-notasi untuk penurunan persamaan matematis dalam interpolasi *circular* (Anes dan Widyanto, 2000).

Metode untuk menentukan harga p pada setiap tahap gerakan berdasarkan kenaikan absolut hingga nilai jarak tegak lurus sumbu referensi pergerakan aktual dengan lintasan ideal (h) lebih besar sama dengan 0,5 atau pembulatan ($h1$) lebih besar sama dengan 1 ($h >= 1$).

Nilai h dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$h = (xb - xa) + h2$$

dimana

- h = jarak tegak lurus sumbu referensi antara pergerakan aktual searah sumbu referensi dengan lintasan ideal setiap tahap gerakan
- xb = jarak tegak lurus sumbu referensi antara garis sumbu yang dilalui titik pusat lingkaran dengan titik awal gerakan ideal tiap tahap gerakan
- xa = jarak tegak lurus sumbu referensi antara garis sumbu yang dilalui titik pusat lingkaran dengan titik akhir lintasan ideal tiap tahap gerakan
- $h2$ = selisih nilai h dan pembulatangannya ($h2$) pada tahap gerakan sebelumnya.

Pada tahap gerakan pertama, xb sama dengan jari-jari lintasan ideal, tetapi untuk tahap gerakan selanjutnya

$$xb = xa \text{ pada tahap sebelumnya.}$$

xa dapat dihitung dengan persamaan:

$$xa = \sqrt{r^2 - p^2}$$

dengan r = jari-jari lintasan ideal ($r = x = y$)
 p = jarak absolut gerakan searah sumbu referensi tiap tahap gerakan
 kondisi lainnya adalah:

$h2$ pada tahap gerakan pertama = 0,
 sedangkan harga selanjutnya $h2 = h - h1$.
 Hubungan notasi-notasi tersebut dapat dinyatakan dalam algoritma pemrograman sebagai berikut:

```

Begin
Repeat
p:=p+1;
p1:=p-a;

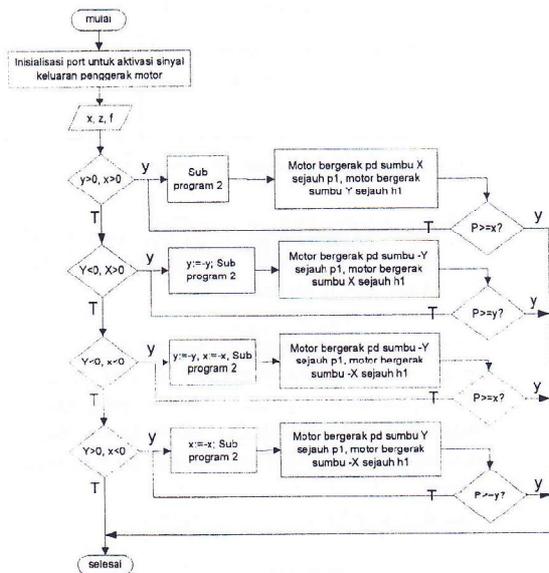
```

```

xa:=sqrt(sqr(r)-sqr(p));
h:=(xb-xa)+h2;
h1:=round(h);
until(h1>=1)or(p>=round(x));
h2:=h-h1;
a:=p;
xb:=xa;
end;

```

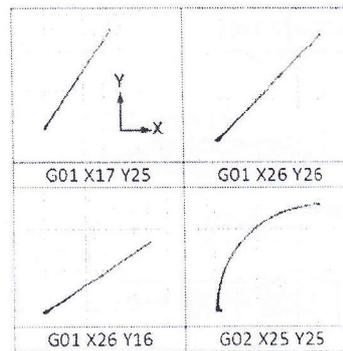
Diagram alir pemrograman interpolasi *circular* G02 dinyatakan Gambar 10.



Gambar 10. Diagram alir pemrograman interpolasi *circular*

PENGUJIAN

Pengujian dilakukan dengan memplot gerakan mesin pada kertas millimeter blok seperti ditunjukkan Gambar 11. Pengujian ini secara khusus ditujukan untuk menentukan harga kompensasi pemrograman. Nilai ini ditentukan rasio sistem transmisi yang mengubah gerakan putar motor penggerak menjadi gerakan linier tiap sumbu gerak. Selanjutnya nilai kompensasi tersebut digunakan sebagai konstanta pengali data masukan interpolator yang menunjukkan hubungan antara sinyal luaran yang dihasilkan dengan gerakan aktual tiap sumbu gerak. Hasil-hasil pengujian interpolasi linier dan *circular* ditunjukkan Gambar 12. Dari kurva-kurva tersebut diperoleh bahwa nilai kompensasi pemrograman yang dibutuhkan untuk sumbu gerak X dan Y adalah 0,861.



Gambar 11. Hasil plotting gerakan interpolasi linier dan *circular* mesin MMD-Is.

PUSTAKA

- Anes dan Widyanto, S.A., 1999, "Pengembangan Sistem Operasi Mesin Bubut CNC Berbasis PC", Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, UNDIP
- Alamsyah, D dan Widyanto, S.A., 2002, " ", Tugas Akhir Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, UNDIP
- Koselan, W., Susanto. (2002). *Interfacing The Standard Parallel Port*.
- Koren, Y., 1983, *Computer Control of Manufacturing System*, McGraw-Hill International Book Company, Singapore