

BAB II

FORMAT PEMROGRAMAN NC

Format pemrograman NC yang kita kenal saat ini adalah G-Code. Memang format G-Code ini adalah format yang pertama dikenalkan dan dikhususkan untuk pemrograman NC. Format yang telah lama dipakai dalam dunia manufaktur tersebut mengalami suatu perkembangan dengan dikenalkannya format pemrograman NC yang baru yaitu dengan nama STEP-NC. Pada bab ini akan dibahas lebih detil mengenai masing-masing format tersebut.

2.1 ISO 6983 (Numerical Control of Machine-Program Data Format And Definition of Address Words) ^[2]

G-Code adalah nama umum dari ISO 6983, merupakan bahasa pemrograman untuk mengontrol mesin-mesin Computer Numerical Control (CNC). Awal tahun 1960 G-Code ini dikembangkan oleh *Electronical Industries Alliance* secara terus-menerus sehingga akhirnya dikeluarkan revisi terakhir yang disetujui pada bulan Februari tahun 1980 yang disebut RS274D.

Pengembangan dan variasi yang dibuat oleh berbagai vendor dikarenakan oleh pengembangan standar G-Code ini yang kurang dan bertambah banyaknya konfigurasi controller.

G-Code yang berorientasi pada mesin (*Machine Oriented*) yaitu terfokus pada jejak titik pusat pahat (*tool center path*) pada sumbu mesin untuk pemrogramannya, mempunyai beberapa kelemahan antara lain :

Beberapa kelemahan pada bahasa ini antara lain ^[4]:

1. Standarnya mendefinisikan sintak pernyataan program, tetapi masih menimbulkan kerancuan semantik (*semantics ambiguous*), sehingga vendor sering menggunakan bahasa tambahan yang tidak tercakup dalam bahasa G-code. Keterbatasan dari kemampuan bahasanya, membuat vendor pula untuk mengembangkan dan menambahkan fungsi seperti

halnya interpolasi spline, sehingga program yang dibuat oleh vendor tertentu belum tentu bisa dijalankan oleh vendor lain.

2. Sulitnya optimasinya bahasa, karena bahasa yang terlalu sederhana yang terdiri dari block-block dan ribuan kode terlalu banyak menyita memori pada saat pemrosesan.

Kode-kode perintah dalam ISO 6983 untuk menggerakkan fungsi-fungsi dalam pemesinan CNC dikelompokkan dalam tabel dibawa ini :

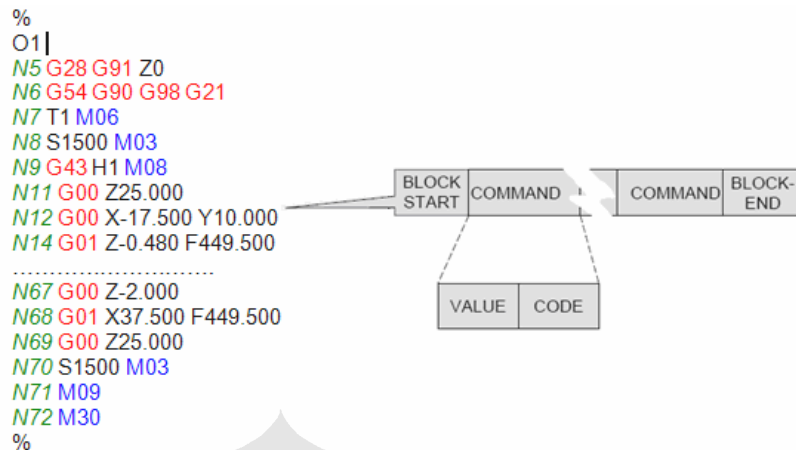
Code	Fungsi
G	<i>Preparatory Word</i>
X,Y,Z,U,V,W,P,Q,R,A,B,C	<i>Dimension Word</i>
I,J,K	<i>Interpolation or thread lead word</i>
F,E	<i>Feed Function Word</i>
S	<i>Spindle Speed Function Word</i>
T,D	<i>Tool Function Word</i>
M	<i>Miscellaneous Function Word</i>

Tabel 2.1 Kode fungsi pada G-Code

G-CODE	Function	G-CODE	Function
G 00	<i>Rapid Traverse</i>	G 91	<i>Incremental Value Programming</i>
G 01	<i>Linear Interpolation</i>	G 94	<i>Inches/mm per minute feedrate</i>
G 02	<i>Circular Interpolation Clockwise</i>	G 95	<i>Inches/mm per spindle revolution</i>
G 03	<i>Circular Interpolation Counter Clockwise</i>	G 96	<i>Constant surface speed feet (m) per minute</i>
G 90	<i>Absolute Value Programming</i>	G 97	<i>Revolution per minute</i>
G 73	<i>Pattern Repeating</i>	G 70	<i>Compoud Repeat Cycle</i>

M-CODE	Its Function
M 03	<i>Turning Spindle ON, clockwise</i>
M 04	<i>Turning Spindle ON, counterclockwise</i>
M 05	<i>Turning Spindle OFF</i>
M 08	<i>Coolant On</i>
M 09	<i>Coolant Off</i>
M 30	<i>Program End</i>

Tabel 2.2 G & M Code CNC FANUC ^[3]

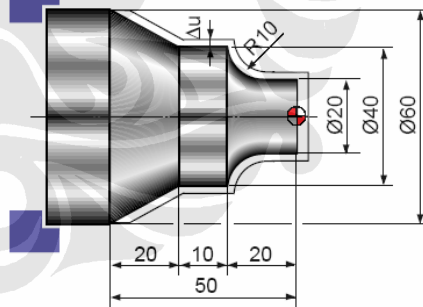


Gambar 2.1 Contoh format G-code ^[4]

2.1.1 G73 (Pattern Repeating) ^[13]

Salah satu fungsi G-Code diatas adalah mengulangi suatu pola pemakanan dengan suatu ketebalan yang sama. Salah satu safu fungsi G-Code disini adalah menghemat berulangnya digunakannya fungsi interpolasi G01 sehingga ukuran file tidak akan terlalu besar atau teks pada G-Code tidak akan terlalu panjang. Salah satu penggunaan G-Code ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

Example of program



```

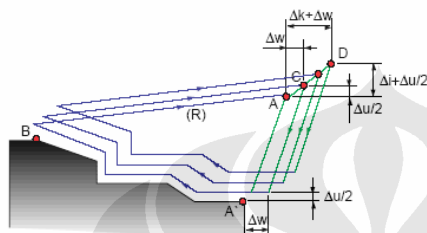
N10 G50 S2000 T0300 :
G96 S200 M03 :
G00 X35.0 Z5.0 T0303 :
Z0 :
G01 X-1.6 F0.2 :
G00 X70.0 Z10.0 :
G73 U3.0 W2.0 R2 :
G73 P12 Q16 U0.5 W0.1 F0.25 :
N12 G00 G42 X20.0 Z2.0 :
G01 Z-10.0 F0.15 :
G02 X40.0 Z-20.0 R10.0 :
G01 Z-30.0 :
X60.0 Z-50.0 :
N16 G40 U1.0 :
G70 P12 Q16 :
G00 X200.0 Z200.0 T0300 :
M30 :

```

Gambar 2.2 Contoh penerapan G73

Dapat dilihat diatas bahwa setelah penggunaan G73 yang biasanya diikuti oleh posisi koordinat, tetapi untuk fungsi G ini maka ikuti oleh fungsi lain yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

G73 U(i i) R(d) W(i k) :
 G73 P Q U(i u) W(i w) F :



- U(i i) : Escape distance and direction in X axis
(Designated the radius)
- W(i k) : Escape distance and direction in Z axis
- R(d) : Repeating time
(It is connected with the cut volume of each time)
- P : Start sequence No.
- Q : Final sequence No.
- U(i u) : Finishing in clearance X axis(Radius designated)
- W(i w) : Finishing in clearance Z axis
- F(f) : Cutting feedrate

Gambar 2.3 Dimension word untuk G73

2.2 ISO 14649 (Industrial Automation Sistem and Integration Physical Device Control – Data Model for Computerized Numerical Control)

Industri manufaktur yang pada saat ini berkembang sangat pesat, memerlukan suatu sistem terbaru yang dapat memenuhi permintaan pasar dengan waktu singkat pada saat fase desain dan manufaktur. Dengan kelemahan-kelemahan yang ditunjukkan pada ISO 6983, maka sulit sekali melakukan suatu lompatan besar dalam hal mempercepat fase tersebut. ISO (International Organization for Standardization) sebagai badan standar internasional telah mengeluarkan suatu sistem terbaru dalam dunia industri yaitu ISO 10303 (Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange) atau lebih dikenal dengan STEP (Standard for the Exchange of Product model data) untuk mengimbangi perkembangan ini.

STEP sebagai standar internasional untuk pertukaran (exchange) suatu data produk, mempresentasikan produk solid secara lengkap yang dilengkapi dengan informasi tentang nama produk, tanggal pembuatan, urutan pembuatan dan lain-lain. Salah satu keunggulan teknologi ini adalah formatnya yang berupa

teks *file* yang bersifat parametrik atau terkait sehingga bentuk geometri dapat diubah dengan *software* pengolah data teks sederhana dan sifatnya yang netral dapat diolah pada jenis-jenis *software* yang berbeda.

```
ISO-10303-21;
HEADER;
FILE_DESCRIPTION(
FILE_NAME(
FILE_SCHEMA ("CONFIG_CONTROL_DESIGN"));
ENDSEC;

DATA;
#10=GEOMETRICALLY_BOUNDED_WIREFRAME_SHAPE_REPRESENTATION
#100=CYLINDRICAL_SURFACE(",#305,5.);
#103=ELLIPSE(",#287,3.999999999999998,2.);
#111=ADVANCED_FACE(",(#140,#130),#122,.T.);
#122=PLANE(",#283);
#130=FACE_BOUND(",#149,.T.);
#140=FACE_OUTER_BOUND(",#148,.T.);
-----
#269=VECTOR(",#310,7.);
#279=AXIS2_PLACEMENT_3D(",#376,#308,#309);
#308=DIRECTION(",(0.,0.,1.);
#376=CARTESIAN_POINT(",(0.,0.,0.);
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;
```

Gambar 2.4 Contoh format STEP

Dengan penambahan data dengan memasukkan informasi manufaktur didalamnya maka STEP berkembang menjadi STEP-NC atau ISO 14649 (“*Data model for Computerized Numerical Controllers*”). STEP-NC ini merupakan program yang berbasis kepada objek (*object oriented*) yang mengadopsi struktur data pada ISO 10303 (STEP). Penambahan yang dilakukan adalah informasi mengenai benda kerja, proses pemesinan, geometri, toleransi, strategi yang digunakan, teknologinya dan parameter-parameter lainnya, sehingga STEP ini mempunyai keunggulan diantaranya ^[4] :

- 1) Tidak terjadi hilangnya suatu data atau informasi karena seluruh data geometri dari STEP digunakan kembali dan hanya ditambahkan data manufakturnya saja.
- 2) Bersifat parametrik, sehingga aliran data dapat menjadi 2 arah sehingga pemrosesan data lebih mudah dan cepat karena tidak dibutuhkan lagi *post-processor*. Kemampuannya untuk melakukan pertukaran data (Data Exchange), *File* STEP-NC lebih unggul dibandingkan *file* G-Code. Dalam pemrograman CAM, *user* harus menentukan post-prosesor yang akan digunakan, dikarenakan setiap vendor CNC mengeluarkan perintah-perintah G-code spesifik terhadap mesin CNC dan tidak termasuk dalam

ISO 6983. Hal ini menyebabkan program G-Code hasil CAM tidak dapat dijalankan pada semua merek mesin CNC.

- 3) Datanya merupakan data yang netral, sehingga sistem dari CAM, *controller* dan mesin masing-masing berdiri terpisah dan *independent*, sehingga data lebih fleksibel.

Keunggulan lain yang dimiliki oleh teknologinya adalah mampu menekan waktu manufaktur yaitu sebesar 35 % untuk set up pekerjaan *machining*, 75 % untuk menyiapkan data di *workshop* dan 50 % dalam proses pemesinan. ^[5]

Struktur data ISO 14649 terdiri dari beberapa *part* penyusunnya, sedangkan untuk penulisan ini hanya membutuhkan 4 bagian saja yakni :

1. Part 1 : *Overview and fundamental principles*
2. Part 10 : *General Process Data*
3. Part 12: *Process Data for Turning*
4. Part 121: *Tools for Turning*

2.2.1 ISO 14649 : *Part 1 (Overview and fundamental principle)* ^[8]

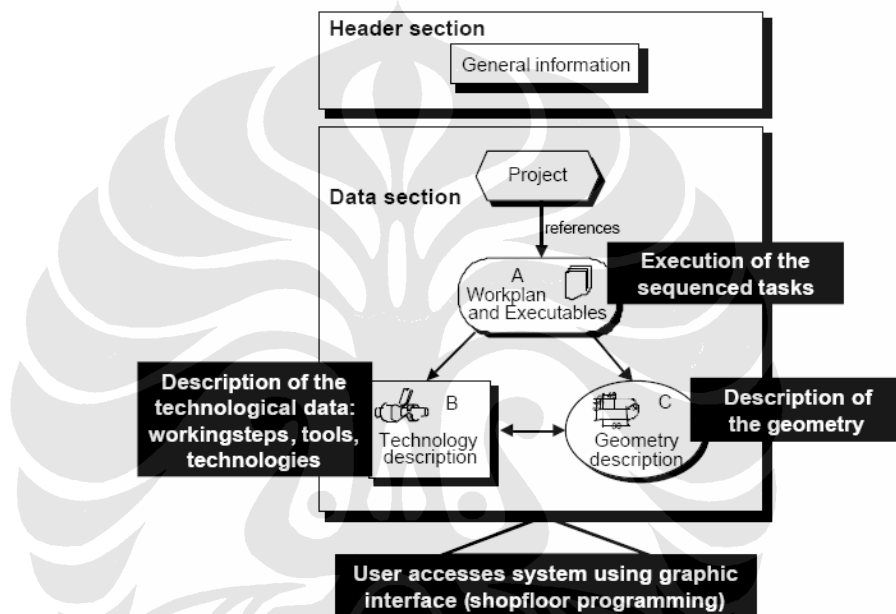
Dalam part bagian 1 ini berisi tentang pengertian dan konsep standar ISO 14649 secara umum, serta hubungan ISO 14649 dengan standar ISO 10303. Secara garis besar struktur dan aliran ISO 14649 terbagi dalam 2 bagian utama yakni :

1. Header : Bagian data yang berisi informasi umum seperti : nama *file*, pembuat, waktu pembuatan, dan lain-lain.
2. Data : Merupakan bagian utama karena didalamnya terdapat seluruh informasi data tentang proses manufaktur dan bentuk geometri, pada bagian data terdiri atas 4 bagian yang utama yaitu :
 - a) *Project Entity* berfungsi sebagai awal dari eksekusi program yang berisi *workplan* utama yang akan dijalankan.
 - b) *Workplan dan executables*, adalah rencana kerja atau urutan proses manufakturnya.
 - c) *Technology description* menyediakan informasi dan definisi dari seluruh *workingstep* yang digunakan. *tool data, machine function*,

machining strategy dan proses data lainnya. Informasi tersebut mengenai :

- *Tool Data*
- *Machine Function*
- *Machining Strategy*

d) *Geometry description* adalah informasi mengenai seluruh bentuk geometrinya dari part yang akan dilakukan proses manufakturnya.



Gambar 2.5 Struktur dan aliran data ISO 14649 [8]

2.2.2 ISO 14649 : Part 10 (*General process data*) [9]

Dalam part 10 ini dijelaskan mengenai pemrosesan data pada sistem secara umum untuk semua jenis teknologi seperti *milling*, *turning*, *grinding*. Serta hubungannya antara *controller* mesin dengan sistem program. Selain definisi tentang teknologi yang dipakai terdapat juga informasi mengenai bentuk geometri. Tetapi dalam hal geometri, digunakan part 12 untuk mendefinisikan bentuk-bentuk geometri khusus untuk *turning* selain itu juga untuk informasi detail tentang teknologinya.

Seluruh informasi dalam part 10 ini merupakan *supertype* sehingga informasi masih bersifat umum dan dibagi menjadi bagian-bagian utama sebagai berikut :

2.2.2.1 Header and reference

File STEP-NC diawali dengan “HEADER” dan diakhiri dengan “ENDSEC”. Didalamnya terdapat informasi tentang skema yang digunakan.

2.2.2.2 General type and definition

Menjelaskan tentang satuan yang digunakan , yaitu SI unit. Beberapa satuan yang digunakan :

Unit	
<i>Length_measure</i>	<i>Millimeters [mm]</i>
<i>Time_measure</i>	<i>Second [s]</i>
<i>Plane_angle_measure</i>	<i>Degrees [°]</i>
<i>Pressure_measure</i>	<i>Pascal [Pa]</i>
<i>Speed_measure</i>	<i>Meters per second [m/sec]</i>
<i>Rot_speed_measure</i>	<i>Revolutions per second [1/sec]</i>

Tabel 2.3 Tipe unit beserta satuan

2.2.2.3 Project

Setiap part program berbasis ISO 14649 harus mengandung satu entitas level atas, yaitu *project*, dimana *project* akan mengindikasikan *workplan* yang akan dijalankan beserta *workpiece*.

ENTITAS : PROJECT(1,2,3,4,5,6);	
Atribut	(1) <i>Identifier</i> : identifier dari <i>project</i> sebagai pengidentifikasi, oleh karena itu harus unik agar setiap identifier tidak sama.
	(2) <i>Workplan</i> : Perencanaan kerja dengan level tingkat teratas yang berada pada entitas ini.
	(3) <i>Workpiece</i> : penjelasan tentang benda kerja, diantaranya : material, kondisi permukaan, dan data geometrisnya.
	(4) <i>Owner (Optional)</i> : informasi tentang pembuat dari <i>project</i> .

	(5) <i>Release (Optional)</i> : referensi tanggal dan waktu dari <i>project</i> .
	(6) <i>Status (Optional)</i> : Atribut yang mengindikasikan status dari <i>project</i> .

Tabel 2.4 Entitas *Project*

2.2.2.4 *Workpiece*

Adalah benda kerja yang akan di kerjakan dalam proses pemesinan. Entitas ini berisi seluruh penjelasan tentang benda kerja, diantaranya : material, kondisi permukaan, dan data geometrisnya. Setiap benda kerja hanya mempunyai satu jenis kondisi permukaan dan satu jenis material.

ENTITAS : WORKPIECE (1,2,3,4,5,6,7);	
Atribut	(1). <i>Identifier</i> : identifier dari <i>workpiece</i> sebagai pengidentifikasi, oleh karena itu harus unik agar setiap identifier tidak sama.
	(2). <i>Material (Optional)</i> : Atribut ini berisi data tentang material dari benda kerja. Data ini seharusnya digunakan untuk menentukan parameter teknologi dari proses untuk proses pemesinan.
	(3). <i>Global_tolerance (Optional)</i> : merupakan toleransi dari benda kerja, data ini digunakan jika toleransi yang lain tidak spesifik.
	(4). <i>Rawpiece (Optional)</i> : adalah informasi geometri dari benda kerja mentah.
	(5). <i>Geometry (Optional)</i> : adalah informasi tentang geometri dari benda kerja akhir, berdasarkan ISO 10303-514.
	(6). <i>Bounding_geometry (Optional)</i> : dengan atribut ini geometri dari benda kerja dapat berupa kotak, silinder, atau geometri lain berdasarkan definisi dari entitas <i>advanced_brep_shape_representation</i> (ISO 10303-514).
	(7). <i>Clamping_position</i> : atribut ini menginformasikan posisi alat pencekam pada permukaan benda kerja. Segala atribut lokasi, arah, dan informasi geometris akan didefinisikan relative terhadap sistem koordinat benda kerja.

Tabel 2.5 Entitas *Workpiece*

2.2.2.5 Executable

Executable adalah basis entitas dari seluruh eksekusi objek. Eksekusi suatu objek dapat dibagi menjadi 3 tipe, yaitu :

- ✓ *Workingstep*
- ✓ *NC function*
- ✓ *Program structure*

Pada kasus ini executable yang digunakan adalah *Workingstep* dengan tipe *Machining workingstep*.

Machining Workingstep merepresentasikan tentang proses pemesinan pada suatu area spesifik dari suatu benda kerja.

ENTITAS : MACHINING_WORKINGSTEP (1,2,3,4,5);	
Atribut	(1) <i>Identifier</i> : identifier dari <i>machining workingstep</i> , bersifat unik agar setiap identifier tidak sama.
	(2) <i>Its_sec_plane (Optional)</i> : adalah bidang aman untuk pergerakan <i>tool</i> agar tidak terjadi tabrakan (<i>collision</i>). Bidang ini mengacu pada sistem koordinat benda kerja atau pada sistem koordinat fitur.
	(3) <i>Its_feature (Optional)</i> : adalah fitur yang akan dioperasikan.
	(4) <i>Its_operation (Optional)</i> : adalah tipe operasi yang digunakan.
	(5) <i>Its_effect (Optional)</i> : adalah informasi perubahan geometri dari benda kerja setelah melakukan operasi.

Tabel 2.6 Entitas *Machining Workingstep*

2.2.3 ISO 14649 : Part 12 (Process data for turning) ^[10]

Part 12 dari ISO 14649 ini menspesifikasikan teknologi data elemen yang diperlukan untuk data proses *turning*. Segala informasi tentang pengoperasian, pengerjaan dan teknologi dibahas pada standar ini. Bagian-bagian yang diperlukan dari kasus *general revolution* ini antara lain :

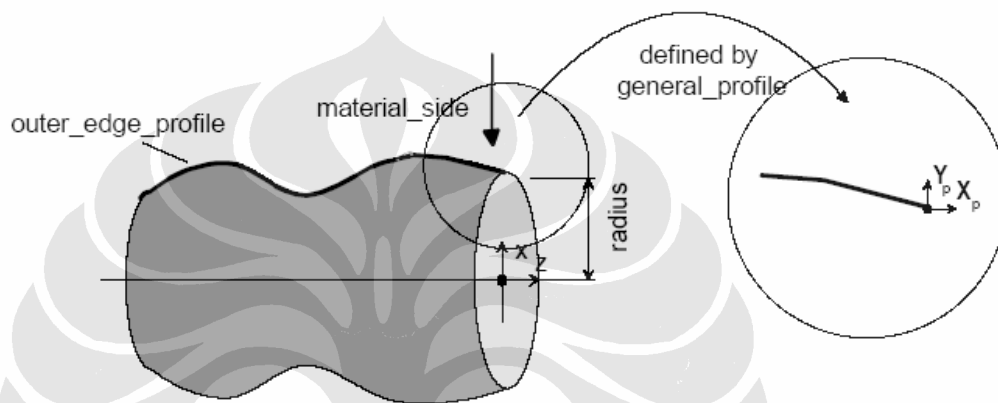
2.2.3.1 Manufacturing feature

Manufacturing feature menggambarkan geometri dari suatu benda. Dalam satu benda kerja dapat memuat beberapa fitur. Kelas dasar untuk semua geometri pada

proses *turning* adalah *turning_feature*. Dalam penulisan ini hanya akan membahas salah satu fitur tersebut yakni :

➤ *GENERAL_REVOLUTION*

Entitas adalah *subtype* dari *revolved_feature* yaitu sebuah bentuk planar yang diputar satu kali putaran mengitari sumbu z. Bentuk planar ini panjangnya dibatasi dan coplanar dengan axis revolusinya dan tidak diperbolehkan untuk berpotongan dengan axisnya tersebut.



Gambar 2.6 *General revolution*

ENTITAS : GENERAL_REVOLUTION (1,2,3,4,5,6,7);	
A t r i b u t	(1). <i>its_id</i> : nama unik dari suatu fitur
	(2). <i>its_workpiece</i> : informasi mengenai benda kerjanya (material, geometris, dll)
	(3). <i>its_operation</i> : suatu set operasi yang dilakukan yang dilakukan untuk pemesinan suatu fitur.
	(4). <i>feature_placement</i> : letak atau posisi dari fitur relative terhadap koordinat sistem benda kerja. Posisi dapat berupa translasi dan/atau rotasi dari origin koordinat benda kerja.
	(5). <i>material_side</i> : atribut ini menspesifikasikan arah material ang akan dipotong.
	(6). <i>radius</i> : jarak antara penempatan profil yang akan diputar dengan sumbu rotasinya.

	(7). <i>outer_edge_profile</i> : atribut ini menjelaskan bentuk dari <i>general_revolution</i> dengan menggunakan entitas <i>general_profile</i> . Penempatan profil harus pada jarak tertentu dari origin dan pada sumbu x.
--	--

Tabel 2.7 Entitas *General revolution*

2.2.3.2 Turning Technology

Entitas ini merupakan mendefinisikan parameter-parameter teknologi yang digunakan pada proses *turning*, merupakan *subtype* dari entitas *technology* (ISO 14649-10).

ENTITAS : TURNING TECHNOLOGY (1,2,3,4,5,6,7,8);	
Atribut	(1) <i>feedrate</i> (<i>Optional</i>) : pemakanan dari <i>tool</i> yang dideskripsikan dengan kecepatan linier.
	(2) <i>feedrate_reference</i> (<i>tool reference point</i>) : menspesifikasikan kecepatan pemakanan yang dihitung berdasarkan <i>tool center point</i> .
	(3) <i>spindle_speed</i> (<i>speed select</i>) : atribut ini memungkinkan untuk pemilihan kecepatan spindle konstan di permukaan.
	(4) <i>feed_per_revolution</i> (<i>Optional</i>) : atribut ini memungkinkan untuk memasukkan kecepatan pemakanan selain pada entitas <i>technology</i> dalam milimeter per revolusi.
	(5) <i>sync_spindle_and_z_feed</i> (<i>Boolean</i>) : apabila bernilai <i>true</i> maka kecepatan pemakanan pada sumbu z dengan kecepatan spindle di sinkronisasi.
	(6) <i>inhibit_feedrate_override</i> (<i>Boolean</i>) : apabila bernilai <i>true</i> maka pemasukkan nilai kecepatan pemakanan secara manual oleh panel kontrol tidak diperbolehkan.
	(7) <i>inhibit_spindle_override</i> (<i>Boolean</i>) : apabila bernilai <i>true</i> maka pemasukkan nilai kecepatan spindle secara manual oleh panel kontrol tidak diperbolehkan.
	(8) <i>its_adaptive_control</i> (<i>Optional</i>) : strategi kontrol khusus oleh vendor lainnya.

Tabel 2.8 Entitas *Turning Technology*

2.2.3.3 Turning Machining Operation

Entitas ini merupakan basis dari pengoperasian *turning*, mengandung atribut untuk mendeskripsikan teknologi dan strategi pemotongan, merupakan sudtipe dari *machining_operation* pada part 14649-10. Apabila *turning_machining_operation* ini referensinya dari *turning_workingstep*, maka atribut *start_point* berpatokan pada fitur pertama dari bermacam-macam fitur pad *turning_feature*. Secara umum, terbagi menjadi 2 tipe pengerjaan yaitu :

1. *Roughing* adalah proses pemakanan untuk membuang seluruh material dari permukaan benda kerja mentah pada sisi samping dan bawah sampai pada ukuran mencapai *finishing allowance*.
2. *Finishing* adalah proses pemakanan untuk membuang sisa dari proses *roughing (allowance finishing)* sampai pada ukuran final yang diinginkan.

Untuk kasus *general revolution* umumnya hanya menggunakan satu tipe operasi saja yaitu *contouring*.

ENTITAS : CONTOURING (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12);	
A t r i b u t	(1) <i>its_toolpath_feedrate</i> (Optional) : pemakanan dari <i>tool</i> yang dideskripsikan dengan kecepatan linier.
	(2) <i>its_tool_direction</i> (Optional) : spesifikasi dari orientasi <i>tool</i> yang digunakan.
	(3) <i>its_id</i> (identifier) : nama dari jenis <i>contouring</i>
	(4) <i>retract_plane</i> : bidang aman pergerakan <i>tool</i> dari titik akhir kembali ke titik awal.
	(5) <i>cut_start_point</i> (Optional) : titik awal melakukan proses pemakanan.
	(6) <i>its_tool</i> : <i>tool</i> yang digunakan pada saat melakukan operasi.
	(7) <i>its_technology</i> : parameter <i>technology</i> yang dipakai.
	(8) <i>its_technology_mf</i> : informasi mengenai fungsi tambahan mesin.
	(9) <i>approach</i> (Optional) : informasi mengenai strategi pendekatan <i>tool</i> kepada material pada saat pemotongan awal.
	(10) <i>retract</i> (Optional) : informasi mengenai strategi penarikan <i>tool</i> setelah selesai memotong material terakhir.

	(11) <i>its_machining_startegy (Optional)</i> : deskripsi dari strategi pemesinan yang digunakan pada saat operasi berlangsung.
	(12) <i>allowance (Optional)</i> : adalah kedalaman material sisa dari suatu bentuk yang didefinisikan pada <i>machining_feature</i> .

Tabel 2.9 Entitas *Contouring*

2.2.3.4 *Turning machine function*

Entitas ini merupakan penjelasan spesifik fungsi-fungsi mesin yang digunakan pada proses *turning*. Entitas ini merupakan *subtype* dari *machine_function* (ISO 14649-10). Beberapa atribut ini sama dengan atribut pada *milling_machine_function*.

ENTITAS : TURNING_MACHINE_FUNCTIONS (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11);	
Atribut	(1). <i>coolant (Boolean)</i> : merupakan pilihan Boolean, jika <i>true</i> maka coolant diaktifkan.
	(2). <i>coolant_type (Optional)</i> : spesifikasi dari jenis coolant.
	(3). <i>coolant_pressure (Optional)</i> : spesifikasi dari tekanan coolant pada sistem.
	(4). <i>axis_clamping (Identifier)</i> : menjelaskan sumbu clamping, catat bahwa informasi ini tergantung dari mesin dan sebaiknya dihindari pemakaiannya.
	(5). <i>chip_removal (Boolean)</i> : atribut ini mendefinisikan apakah mesin mempunyai kemampuan untuk memotong atau membuang geram.
	(6). <i>Oriented_spindle_stop (Optional)</i> : nilai yang diberikan disini untuk memberhentikan spindle sesuai dengan arah yang diberikan dekat dengan posisi nol mesin.
	(7). <i>its_process_model (Optional)</i> : informasi optional mengenai kontrol proses.
	(8). <i>other_function (Property_parameter)</i> : daftar fungsi lainnya dari tipe umum.
	(9). <i>tail_stock (Optional)</i> : Apabila bernilai <i>true</i> , maka tail stock digunakan.

(10). <i>steady_rest (Optional)</i> : Apabila bernilai <i>true</i> , maka steady rest digunakan.
(11). <i>follow_rest (Optional)</i> : Apabila bernilai <i>true</i> , maka follow rest digunakan.

Tabel 2.10 Entitas *Turning Machine Functions*

2.2.3.5 *Turning Machining Strategy*

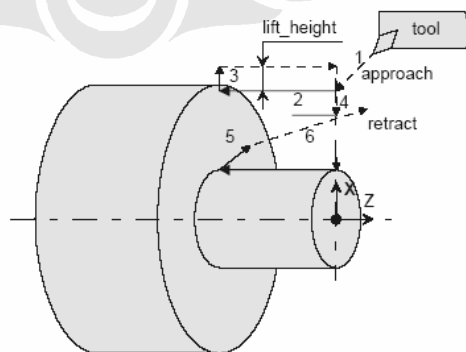
Pada entitas ini mengandung atribut strategi yang digunakan untuk membuat *toolpath*. Semua arah yang didefinisikan pada *subtype* berhubungan dengan sistem koordinat benda kerja. Entitas ini *subtype* dari entitas *machining_strategy* yang dijelaskan pada ISO 14649-10. Strategi yang dapat digunakan untuk *feature general revolution* ini adalah :

1. *Unidirectional turning*
2. *Bidirectional turning*
3. *Contour turning*

Pada penulisan ini yang digunakan adalah *unidirectional turning* dan *contour turning*.

a) *Unidirectional turning*

Pada strategi ini pergerakan dimulai dari sisi satu ke sisi lainnya dengan pemakanan terlebih dahulu dan bergerak dengan linier, kemudian mengangkat alat potong dan bergerak kembali ke titik awal pemakanan.



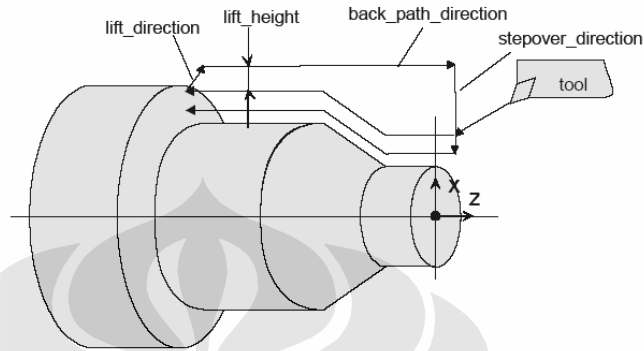
Gambar 2.7 *Unidirectional turning* dengan arah pemakanan -z

ENTITAS : UNIDIRECTIONAL_TURNING (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11);	
Atribut	(1). <i>overcut_length</i> (Optional) : Langkah lebih dari sisi yang terbuka dari satu bentukan.
	(2). <i>allow_multiple_passes</i> (Boolean) : Pengerjaan dilakukan tiap layer hingga kedalaman maksimum (bila <i>true</i>), Pengerjaan khusus dengan satu layer (bila <i>false</i>).
	(3). <i>cutting_depth</i> (length measure) : atribut yang melambangkan ketebalan yang harus dihilangkan dalam satu kali pemakanan.
	(4). <i>Variable_feedrate</i> (Optional) : kecepatan pemakanan per revolusi <i>turning technology</i> .
	(5). <i>feed_direction</i> (Optional) : atribut optional yang mendefinisikan arah utama dari pergerakan <i>tool</i> untuk memotong material.
	(6). <i>back_path_direction</i> (Optional) : arah dari pergerakan <i>tool</i> untuk kembali dari arah pergerakan pemakanannya.
	(7). <i>lift_direction</i> (Optional) : arah pergerakan <i>tool</i> dari <i>feed_direction</i> menuju ke <i>back_path direction</i> . Apabila nilai tidak disebutkan atau bernilai \$ maka <i>lift_direction</i> arahnya tegak lurus dari <i>feed_direction</i> .
	(8). <i>steperover_direction</i> (Optional) : arah pergerakan <i>tool</i> dari <i>back_path direction</i> menuju ke <i>feed_direction</i> . Apabila nilai tidak disebutkan atau bernilai \$ maka <i>lift_direction</i> arahnya tegak lurus dari <i>back_path direction</i> .
	(9). <i>lift_height</i> (Optional) : properti ini menspesifikasikan jarak pengangkatan <i>tool</i> .
	(10). <i>lift_feed</i> (Optional) : kecepatan pemakanan dari pergerakan <i>lift_direction</i> .
	(11). <i>steperover_feed</i> (Optional) : kecepatan pemakanan dari pergerakan <i>steperover_direction</i> .

Tabel 2.11 Entitas *Unidirectional Turning*

(b) Contour turning

Umumnya strategi ini digunakan khusus untuk *finishing*. Strateginya adalah memotong sepanjang garis atau profil yang digunakan.



Gambar 2.8 *Contour turning*

ENTITAS : <i>CONTOUR_TURNING</i> (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11);	
Atribut	(1) <i>overcut_length</i> (Optional) : Langkah lebih dari sisi yang terbuka dari satu bentukan.
	(2) <i>allow_multiple_passes</i> (Boolean) : Pengerjaan dilakukan tiap layer hingga kedalaman maksimum (<i>true</i>), Pengerjaan khusus dengan satu layer (<i>false</i>).
	(3) <i>cutting_depth</i> (length measure) : atribut yang melambangkan ketebalan yang harus dihilangkan dalam satu kali pemakanan.
	(4) <i>variable_feedrate</i> (Optional) : kecepatan pemakanan setiap revolusi <i>turning technology</i> .
	(5) <i>back_path_direction</i> (Optional) : arah dari pergerakan <i>tool</i> untuk kembali dari arah pergerakan pemakanannya.
	(6) <i>lift_direction</i> (Optional) : arah pergerakan <i>tool</i> dari <i>feed_direction</i> menuju ke <i>back_path direction</i> . Apabila nilai tidak disebutkan atau bernilai \$ maka <i>lift_direction</i> arahnya tegak lurus dari <i>feed_ direction</i> .
	(7) <i>stepover_direction</i> (Optional) : arah pergerakan <i>tool</i> dari <i>back_path direction</i> menuju ke <i>feed_direction</i> . Apabila nilai tidak disebutkan atau bernilai \$ maka <i>lift_direction</i> arahnya tegak lurus.

(8) <i>lift_height (Optional)</i> : properti ini menspesifikasikan jarak pengangkatan <i>tool</i> .
(9) <i>lift_feed (Optional)</i> : kecepatan pemakanan dari pergerakan <i>lift_direction</i> .
(10) <i>stepover_feed (Optional)</i> : kecepatan pemakanan dari pergerakan <i>stepover_direction</i> .
(11) <i>variable_stepover_feed (Optional)</i> : kecepatan pemakanan dengan pergerakan <i>stepover_direction</i> yang berbeda-beda.

Tabel 2.12 Entitas *Contour Turning*

