

## STEP-NC Kontroller untuk CNC Dua Sumbu

Firman Ridwan<sup>1,\*</sup>, Darwison<sup>2)</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: [firmanridwan@ft.unand.ac.id](mailto:firmanridwan@ft.unand.ac.id)\*

### Abstrak

Saat ini perangkat keras mesin CNC berkembang sangat pesat yang tidak sejalan dengan perkembangan perangkat lunak dalam hal ini kode-G, dimana kode-G awal distandarkan kira kira 50 tahun yang lalu. Kode-G/ ISO 6983 adalah sebuah program yang hanya menggambarkan pergerakan dari pahat dan fungsi fungsinya. STEP-NC (STandard for the Exchange of Product data for Numerical Control) adalah generasi baru model data untuk kontrol numeric (NC). Tidak seperti kode-G, STEP-NC bekerja tidak hanya berdasarkan pergerakan pahat, namun dapat mengakomodasi berbagai informasi yang diperlukan dalam proses pemesinan seperti; fitur manufaktur, kemampuan mesin perkakas, daya motor penggerak, efisiensi mesin, strategi pemesinan, sifat material benda kerja dan lain lain. STEP-NC kaya akan informasi yang tercakup dalam sebuah format yang distandarkan dalam bentuk dokumen Part 21. STEP-NC memberikan solusi kelemahan dari kode-G/ISO 6983 dengan mengorientasikan Proses Pemesinan daripada gerak dari mesin perkakas itu sendiri dengan menggunakan konsep berorientasi pada objek dari Workingsteps. Kelebihan utama STEP-NC adalah struktur data level tinggi dan berorientasi objek. Tidak seperti ISO 6983 (kode G) dimana program di tulis berdasarkan fungsi dan pergerakan pahat, STEP-NC memiliki kaya akan informasi seperti fitur fitur manufaktur, multi operasi seperti proses pengakhiran dan pengkasaran, kemampuan mesin perkakas, power motor, efisiensi, strategi pemesinan, informasi pahat dan property material. Pada paper ini, akan dijelaskan penerapan STEP-NC yang diterapkan pada mesin CNC dua sumbu untuk CNC Plasma Cutting.

**Keywords:** CNC, ISO 14649, ISO 6983, CMC, STEP-NC Interpreter

## 1. Pendahuluan

Sejak perang dunia kedua, kebutuhan akan mesin perkakas presisi meningkat seiring dengan permintaan akan produk-produk kompleks seperti airfoil untuk pesawat terbang. Tahun 1955, prototipe program NC pertama kali diujicoba oleh MIT. Dua tahun kemudian, dikembangkan program APT. APT dibuat untuk membantu programmer dalam mengembangkan instruksi yang dapat dimengerti oleh semua sistem NC. APT kemudian lebih dikenal dengan data lokasi pahat (cutter location data) yang menggambarkan geometri dari benda kerja yang akan di potong, pergerakan pahat dari satu titik ke titik lain dan spesifikasi umum pemesinan. Awal tahun 1960an APT menjadi paket perangkat lunak yang sering digunakan untuk menjalankan komputer IBM dan kemudian diinstalasi pada pabrik pesawat. Kemudian, tahun 1982, bahasa pemrograman APT diadopsi oleh ISO (the International Organisation for Standardisation) sebagai standard internasional ISO 6983: tentang mesin NC (Numerical Control) – Program format and definition of address words [1] yang lebih dikenal sebagai Kode-G. Kode-G adalah kumpulan dari instruksi-instruksi tingkat rendah yang merupakan bagian bahasa pemrograman kontrol numerik. Fungsi-fungsi instruksi itu termasuk deskripsi pergerakan pahat dan juga instruksi sejumlah pergerakan dari titik satu ke titik lain. Pemesinan kontur benda kerja dilakukan dengan pergerakan pahat yang posisinya didefinisikan dalam program Kode-G. Perkembangan yang signifikan dalam otomatisasi mesin perkakas program CNC modern banyak digunakan dalam industri-industri pemesinan saat ini.

Bertahun-tahun, mesin CNC berkembang sangat pesat, dengan kemampuan mesin untuk melakukan pemesinan produk presisi tinggi, kemampuan menampilkan animasi dan simulasi yang canggih, kemampuan mengkompensasi kesalahan, kemampuan mesin memahami kendala-kendala (constraints) mesin melalui sensor-sensor dan kemampuan melakukan banyak proses seperti freis (milling), bubut (turning), gerinda (grinding) dan lain-lain.

Salah satu teknologi untuk mendukung perkembangan CNC adalah dengan menggabungkan proses monitor terus menerus selama proses dan mengontrolnya sehingga tetap bekerja sesuai dengan kemampuan mesin. Untuk melakukan ini, mesin CNC harus dilengkapi dengan sensor-sensor, pengkondisian signal, pemrosesan signal dan meninterpretasikan signal tersebut. Untuk pengontrolan mesin CNC dengan waktu nyata (real time), telah diimplementasikan berbagai macam fungsi cerdas seperti control adaptasi (adaptive control) dan model optimisasi lanjut. Dengan cara ini berbagai macam kendala proses pemesinan dapat dideteksi lebih awal sehingga dapat memberikan suasana pemesinan lebih aman.

Perkembangan panjang dari riset tentang Pemantauan Kondisi Mesin (Machine Condition Monitoring) pada proses pemesinan tidak diragukan lagi telah mengurangi intervensi manusia (operator) selama proses pemesinan berlangsung dan melakukan pengontrolan secara otomatis. Namun, peluang riset di area ini dalam usaha mempersingkat siklus produksi masih terbuka lebar. Selain itu, aktifitas pemesinan telah berubah dari pemusatan perhatian kepada pelaku industri (manufacturer-driven) menjadi fokus kepada permintaan pelanggan (customer-centric). Untuk mengupayakan pengontrolan kualitas secara aktif selama proses berlangsung maka parameter pemesinan lah yang dapat digunakan untuk mengupayakan ini dengan cara memonitor dan mengontrolnya dan selanjutnya di ambil tindakan yang sesuai. Tujuan utama dalam memonitor dan mengontrol selama proses berlangsung adalah untuk merekam data-data yang dideteksi oleh sensor-sensor sehingga tingkah laku mesin dapat di pahami dan selanjutnya dilakukan aksi umpan balik secara waktu nyata (real-time). Sebagai contoh dalam mengoptimalkan parameter pemesinan dalam kondisi menghadapi kendala-kendala pemesinan seperti kelebihan beban torsi spindel, gaya potong, getaran mesin perkakas, dan keausan pahat, memerlukan kombinasi parameter pemesinan yang sesuai dan teroptimisasi.

Untuk mengatasi hal ini, tindakan yang dilakukan memonitor kondisi mesin secara otomatis dengan mengintegrasikan teknologi pemantauan (monitoring) dan prosedur pengambilan keputusan. Tujuannya adalah untuk menghasilkan sistem cerdas yang mampu beradaptasi terhadap perubahan-perubahan pada manufaktur [2]. Selain itu, dengan pertumbuhan teknologi, ada tuntutan dan prospek baru untuk memberdayakan CNC saat ini dengan fitur-fitur yang lebih maju seperti kemampuan beradaptasi, reconfigurability, ketangkasannya mesin, dan interoperabilitas. Oleh sebab itu, dalam mewujudkan manufaktur yang handal dan otonom, persyaratan untuk arsitektur CNC terbuka (open CNC architecture) harus dipertimbangkan [3].

Namun, ada beberapa faktor yang menghambat dalam mewujudkan visi ini. Pertama, meskipun teknologi mesin CNC berkembang pesat, mesin CNC masih dijalankan oleh bahasa pemrograman NC kontemporer alias kode-G. Seperti disebutkan sebelumnya, instruksi kode-G dikembangkan lebih dari lima puluh tahun yang lalu dengan

sedikit kecerdasan (itupun kalau ada) dan tidak memenuhi persyaratan teknologi NC modern. Desain awal dari kode-G adalah untuk menjalankan sejumlah data tingkat rendah yang kebanyakan merupakan perintah langkah demi langkah untuk mengendalikan pergerakan pahat pada mesin perkakas. Dalam kode-G hanya memiliki sedikit informasi dan terbatas sehingga menjadikan hambatan dalam mengupayakan mesin CNC yang cerdas, lengkap dan teroptimasi.

Kedua, program yang sedang tereksekusi dibolehkan untuk dikontrol secara terbatas dan ini membuat sulit untuk mengubah program pada tingkat lantai produksi (shop-floor) sehingga hal ini tidak memungkinkan melakukan perubahan program NC pada menit-menit terakhir proses. Perubahan menit-menit terakhir sering tidak dibolehkan. Pengoperasian pemrosesan sepenuhnya didominasi oleh kode-kode NC yang telah ditentukan dan dalam kebanyakan kasus, mesin perkakas tidak dapat mengubah kondisi pemotongan dan urutan-urutan proses pemrosesan selama berlangsungnya operasi pemrosesan. Selain itu, karena hanya mendukung satu arah arus informasi dari desain sampai ke pembuatan, perubahan drastis pada proses manufaktur tidak dapat langsung diumpan-balikkan ke desainer [4].

Ketiga, desain serta data manufaktur tingkat tinggi (high-level) tidak dapat diaplikasikan secara langsung ke mesin perkakas tetapi harus melalui sebuah post-prosesor yang pada setiap vendor-mesin memiliki perintah spesifik yang diperkirakan ada sekitar 5.000 kode spesifik. Oleh karena itu, bagian program dengan kode spesifik tersebut tidak dapat dipertukarkan antara mesin CNC satu dengan mesin CNC yang lain. Vendor mesin perkakas sering menambah kode-kode dengan tujuan khusus dengan tujuan memperbaiki performansi dari mesin CNC tersebut. Akibatnya, kode akhir yang digunakan untuk menjalankan mesin adalah mesin-spesifik dan akibatnya tidak memiliki portabilitas. Dengan kata lain, satu set kode-G yang digunakan untuk membuat produk dengan menggunakan mesin CNC tertentu tidak dapat digunakan kembali pada mesin CNC yang berbeda.

Keempat, alur informasi pada kode-G dirancang secara satu arah yaitu dari CAD sampai ke tingkat lantai produksi (shop-floor) dan tidak memungkinkan dilakukannya umpan-balik dari tingkat mesin CNC ke tingkat desainer [5]. Akibatnya, cara konvensional dari pemrograman NC ini dianggap sebagai hambatan untuk mencapai performansi mesin cerdas.

ISO TC 184/SC 1/WG7 menelusuri evolusi bertahap dari ISO 6983 kepada pemrograman berbasis fitur portabel yang dikenal sebagai ISO 14649. TC 184 adalah komite teknis untuk "sistem otomatisasi industri dan integrasi" [6]. Ruang lingkupnya adalah standarisasi di bidang otomatisasi industri dan integrasi mengenai bagian manufaktur diskrit dan meliputi penerapan beberapa teknologi, yaitu sistem informasi, mesin dan peralatan, dan telekomunikasi. ISO 14649, juga dikenal sebagai STEP-NC (Standard for the Exchange of Product data for Numerical Control), memberikan kesempatan untuk mengatasi hambatan tersebut di atas, khususnya dalam mewujudkan operasi mesin cerdas.

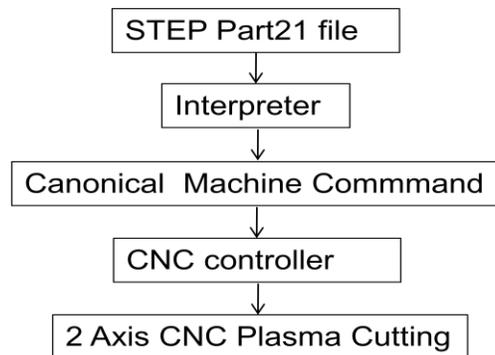
Ciri utama dari STEP-NC yaitu memiliki struktur data tingkat tinggi (high-level) dan berorientasi objek. Tidak seperti ISO 6983 (Kode-G) dimana bagian program yang ditulis untuk menggambarkan gerakan dan fungsi sederhana dari pahat, antarmuka STEP-NC mampu bekerja dengan kaya akan informasi seperti fitur-fitur manufaktur, multi operasi seperti penghalusan (finishing) dan pengkasaran (roughing), kemampuan mesin perkakas, daya penggerak motor, efisiensi mekanik, strategi pemrosesan, informasi perkakas potong dan sifat benda kerja. Selama STEP-NC kaya informasi, maka data yang lebih berkualitas dapat digunakan di lantai produksi (shop-floor), yang memungkinkan analisa optimasi tingkat lanjut dapat dilakukan. Modifikasi di level lantai produksi dilakukan dalam usaha perbaikan terhadap kesalahan-kesalahan yang terjadi dan selanjutnya dijadikan pengalaman baru. Pengalaman baru ini lah yang perlu dipertahankan dan diinformasikan kembali ke tingkat desainer dan perencana proses sehingga meningkatkan hubungan komunikasi antara desain dan departemen manufaktur. Dengan menyediakan model data yang lengkap dan terstruktur maka tidak ada informasi yang hilang. Post-prosesor untuk mengadaptasi kode spesifik dari program NC pada berbagai mesin tidak lagi diperlukan. Selain itu, konten STEP-NC yang kaya akan informasi ini memberikan fleksibilitas yang lebih tinggi dalam melakukan koreksi-koreksi yang diinginkan pada menit-menit terakhir misalnya, ketika pahat patah dan perlu untuk diganti.

Penelitian ini dimotivasi oleh fakta bahwa perkembangan pemrograman CNC sudah sangat terlambat dalam mengembangkan generasi baru NC. Studi ini membahas kebutuhan informasi kontrol adaptif untuk mesin cerdas secara universal, multi-tujuan dan interoperable. STEP-NC optimasi berbasis kontroler telah terealisasi dan dikembangkan untuk optimasi feed-rate. Pendekatan ini menyatukan unsur-unsur yang dibutuhkan mesin perkakas CNC untuk pengembangan platform monitoring yang terkonsolidasi dalam proses optimisasi pemrosesan.

## 2. STEP-NC Kontroller

Perkembangan beberapa standar internasional seperti STEP-NC menyajikan visi cerdas mesin CNC. Makalah ini memaparkan tentang pengembangan realisasi arsitektur CNC kontroler berdasarkan STEP-NC model data untuk mendukung lingkungan pemesinan otomatis dan cerdas.

Keuntungan dari sistem pengendali ini adalah untuk memungkinkan optimasi selama proses pemesinan, untuk mempersingkat waktu mesin dan meningkatkan kualitas produk. Aliran data proses ditunjukkan pada Gambar 1 Struktur Data STEP-NC memungkinkan informasi yang kaya tentang pengoperasian mesin yang akan diambil dan disimpan dalam Part21 file. Informasi ini penting untuk mendukung perencanaan dinamis dan memperoleh parameter pemotongan yang optimal. STEP-NC Interpreter menerjemahkan Part21 file ke CMC. Untuk mengeksekusi CMC, CNC Controller dikembangkan. CNC kontroler bertindak sebagai penghubung antara perencana proses yang disajikan dalam STEP-NC data dalam Part21 file dengan tujuan untuk memberikan proses optimasi pemesinan adaptif dan otomatis.

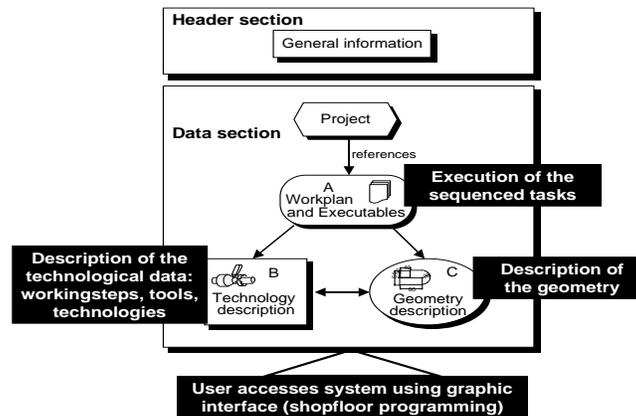


**Gambar 1.** Aliran data Proses STEP-NC kontroler

### STEP PART21 FILE

Part21 file digunakan untuk menentukan peran dasar menyimpan data dijelaskan dalam EXPRESS. Data terdiri dari instan entity yang mengikuti model data yang diusulkan. File ini berisi informasi tentang desain, perencanaan proses dan manufaktur, sesuai dengan ISO 10303 AP203 dan AP-214. Hal ini juga memungkinkan controller STEP-NC untuk memberikan parameter mesin yang akurat dan optimal berdasarkan kondisi mesin yang sebenarnya melalui proses MCM secara terus menerus pada shopfloor. Mengingat bahwa bahasa EXPRESS tidak mendefinisikan metode pelaksanaan apapun untuk membangun model pertukaran produk, STEP Part 21 file adalah metode implementasi pertama yang mendefinisikan aturan dasar menyimpan data EXPRESS / STEP dalam file fisik berbasis karakter. Sebuah Part21 file tidak memiliki skema EXPRESS. Ini hanya mendefinisikan hubungan antara entity yang didefinisikan oleh skema EXPRESS eksternal.

Gambar 2 merepresentasikan struktur dari Part21 file. Bagian pertama dari part program adalah bagian yang disebut HEADER. Dalam HEADER ini, beberapa informasi umum dan komentar sehubungan dengan bagian program disertakan. Misalnya, nama file, penulis, tanggal dan organisasi. Bagian kedua dan utama dari file program adalah bagian data yang bernama DATA. Bagian ini berisi semua informasi tentang tugas-tugas manufaktur dan geometri. Bagian ini juga mencakup entity PROJECT yang merupakan referensi eksplisit untuk titik awal dari tugas manufaktur. Entity PROYEK berisi "Rencana Kerja" utama yaitu urutan eksekusi manufaktur disebut "Workingsteps".



Gambar 2. Struktur model data STEP-NC [7]

STEP Part21 file memiliki tiga sub-bagian; entity Project Rencana Kerja / executables dan deskripsi geometris. Data dalam file STEP-NC terdiri dari instant entity. Salah satu instan Rencana Kerja, berisi bagian urutan tugas tugas manufaktur yang dieksekusi atau perintah perintah yang mencakup informasi dari benda kerja yang akan dimesin [8,9]. Executable dapat berasal dari tiga jenis: Workingsteps, fungsi NC, dan Struktur Program.

Machining\_workingsteps adalah elemen penting dari executable dalam Part21 file, yang didefinisikan berdasarkan two5D\_manufacturing\_feature dan 3-D (wilayah) dari machining\_features. Oleh karena itu mereka menentukan hubungan antara fitur manufaktur yang berbeda dan operasi mesin yang akan dilakukan pada fitur itu. Setiap Workingstep juga mencakup sub-fitur lebih lanjut seperti planar\_face, pocket, step, slot dan round\_hole, selain pemotongan informasi kondisi. Rencana Kerja ini menggabungkan beberapa executable dalam urutan linear tergantung pada kondisi tertentu jika kontrol kondisional digunakan. Beberapa informasi data geometrik untuk benda kerja, set-up, fitur manufaktur, strategi mesin, pahat termasuk dalam Part21 file. Contoh Part21 file dapat dilihat pada Gambar 3.

```
ISO-10303-21;
HEADER;
/* Generated by software containing ST-Developer
 * from STEP Tools, Inc. (www.steptools.com)
 */

FILE_DESCRIPTION(
/* description */ (''),
/* implementation_level */ '2:1');

FILE_NAME(
/* name */ 'tutorial1',
/* time_stamp */ '2007-10-29T21:27:40+13:00',
/* author */ (''),
/* organization */ (''),
/* preprocessor_version */ 'ST-DEVELOPER v11',
/* originating_system */ '',
/* authorisation */ '');

FILE_SCHEMA (('PICTURE'));
ENDSEC;

DATA;
#1=PROJECT('EXECUTE EXAMPLE',#2(#4));
#2=WORKPLAN('MAINWORKPLAN', (#10,#11,#12,#13), $,#8,$)
#4=WORKPIECE('SIMPLE WORKPECE',#6)
#6=MATERIAL(ST37,STEEL,(#7));
#7=PROPERTY_PARAMETER('e=200000N/M2');
#8=SETUP('SETUP1.#71,#62,(#9));
.
```

```

.
.
#10=Text('A little picture',#16);
#11=CIRCLE(1.5,#17);
#12=CIRCLE(1.5,#15);
#13=LINE(#14,#15);
#14=POINT(1.,0.);
#15=POINT(2.5,4.);
#16=POINT(4.,1.);
#17=POINT(0.,0.);
ENDSEC;
END-ISO-10303-21;

```

**Gambar 3.** Contoh baris program STEP Part21 file untuk 2 axis CNC (plasma cutting)

### Interpreter

Peran seorang penerjemah adalah untuk dapat mengambil skema EXPRESS sebagai masukan dan mengkompilasi setiap entity dalam skema ini menjadi output perintah mesin. Output ini dalam format CMC. Skema mencakup integrasi tiga standar yaitu ISO 14649 dari Part 10, 11 dan 111. Struktur data yang baru ditetapkan ini dapat berfungsi sebagai antarmuka yang menghubungkan data STEP-NC dengan proses optimasi mesin yang sebenarnya.

Penafsir yang tersedia dan mampu menerjemahkan fungsi pemesinan dasar (Basic milling function) [10]. Oleh karena itu, fungsi tambahan diperlukan dalam pengolahan data model optimasi menjadi output yang berharga di mana semua data yang terintegrasi dalam STEP-NC ini diproses dan diterjemahkan ke dalam bentuk interpretasi tool-path memungkinkan digunakan untuk eksekusi mesin.

Perkembangan penerjemah ini memanfaatkan compiler EXPRESS disediakan oleh V14 ST-Developer toolkit. The C++ kelas baru untuk setiap entity didefinisikan dalam skema optimasi yang diusulkan dan dihasilkan di mana masing-masing C ++ kelas adalah subclass dari kelas dasar ROSE C ++. ROSE C ++ kelas ini memungkinkan objek STEP-NC dikelola secara efisien di bawah lingkungan aplikasi C ++ dimana file skema ROSE secara otomatis dihasilkan.

### Canonical Machine Command (CMC)

NIST mengklasifikasikan CMC sebagai sebuah kecil perintah di mana setiap perintah menghasilkan alat gerak tunggal atau tindakan logis tunggal. Hal ini untuk membuat perintah sesederhana mungkin, membuat pemetaan langsung kontrol komersial. CMC yang dirancang dengan tiga tujuan utama [11]:

- (1) semua fungsi dari machining center harus dicakup oleh perintah; untuk setiap fungsi pemesinan harus ada cara untuk menyatakan dalam command tersebut.
- (2) adalah mungkin untuk menyediakan perintah yang dapat difungsikan oleh board kontrol gerak komersial dari berbagai vendor untuk melaksanakan perintah-perintah canonical yang memerintahkan gerakan, dengan sekitar satu-ke-satu korespondensi antara perintah gerak canonical dan perintah yang dapat dimengerti oleh board komersial
- (3) harus dimungkinkan untuk menafsirkan perintah Kode-G ke perintah canonical.

Untuk memperjelas titik-titik ini, perbandingan antara CMC dan Kode-G ditabulasikan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. Untuk setiap kelompok fungsi, ada fungsi umum yang dapat digambarkan dalam dua bahasa. CMC memiliki keuntungan menjadi lebih terbaca manusia (bahasa manusia). Hal ini bisa sangat praktis jika program melibatkan mesin dengan bentuk yang kompleks, yang membutuhkan sejumlah besar baris kode.

Tabel 1. Beberapa tipe CMC (Canonical Machining Commands)

Functionality	Functions	ISO 6983/RS274	CMC
Representation	Plane Selection	G17, G18, G19	SELECT_PLANE
	Offset Input	G10	SET_ORIGN_OFFSETS
	Units	G20, G21	USE_LENGTH_UNITS
Miscellaneous functions	Pallet clamp on and off	M10, M11	CLAMP_AXIS
	Comment	-	COMMENT
	Feed and speed Override not allowed	M49	DISABLE_FEED_OVERRIDE DISABLE_SPEED_OVERRIDE
	Feed and speed Override allowed	M48	ENABLE_FEED_OVERRIDE ENABLE_SPEED_OVERRIDE
	Coolant off	M09	FLOOD_OFF
	Coolant on	M08	FLOOD_ON
	Message	-	MESSAGE
Free space motion	Rapid traverse rate	G00 F()	SET_TRAVERSE_RATE
	Rapid Linear Interpolation	G00	STRAIGHT_TRAVERSE
Machining attributes	Set feed-rate	F()	SET_FEED_RATE (300)
	Set feed reference	-	SET_FEED_REFERENCE
	Set motion control	-	SET_MOTION_CONTROL_MODE
	Start speed/feed synch	-	START_SPEED_FEED_SYNCH
	Stop speed/feed synch	-	STOP_SPEED_FEED_SYNCH
Machining functions	Circular Interpolation	G02, G03	ARC_FEED
	Dwell	G04	DWELL
	Ellipse feed	-	ELLIPSE_FEED
	Stop	G30	STOP
	Linear interpolation	G01	STRAIGHT_FEED (X,Y,Z)
	Straight probe	-	STRAIGHT_PROBE
Spindle functions	Spindle orientation	M19	ORIENT_SPINDLE
	Set spindle speed	S()	SET_SPINDLE_SPEED
	Return To Reference Point	G28, G30	SPINDLE_RETRACT
	Spindle retract traverse	-	SPINDLE_RETRACT_TRAVERSE
	Spindle on (clockwise rotation)	M03	START_SPINDLE_CLOCKWISE
	Spindle on (counterclockwise rotation)	M04	START_SPINDLE_COUNTERCLOCKWISE
	Spindle stop	M05	STOP_SPINDLE_TURNING
	No spindle force	-	USE_NO_SPINDLE_FORCE
Tool functions	Automatic tool change (ATC)	M06	CHANGE_TOOL
	Select tool	-	SELECT_TOOL
	Tool height offset compensation	G42, G43, H()	USE_TOOL_LENGTH_OFFSET

### 3. Metoda Eksperimen

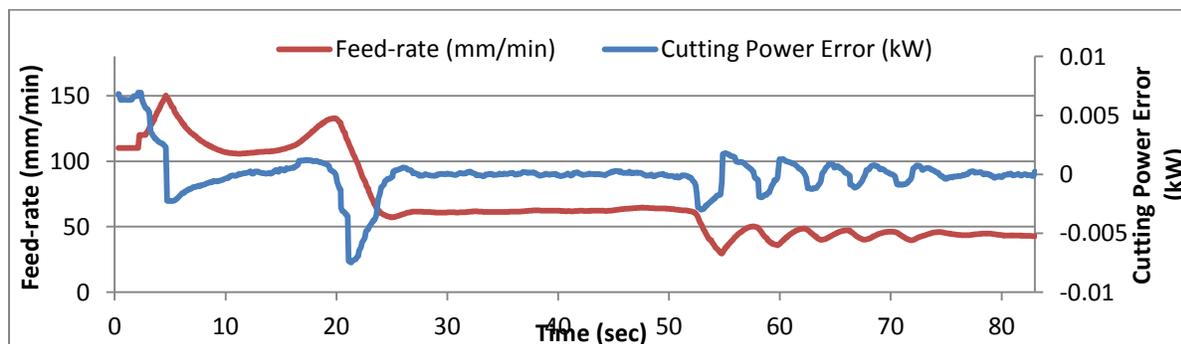
Pengembangan beberapa standar internasional seperti STEP dan STEP-NC menyajikan visi untuk pemesinan CNC cerdas. Penelitian yang dilakukan dalam makalah ini adalah tentang realisasi pengembangan arsitektur kontroler CNC untuk memonitor kondisi mesin berdasarkan STEP-NC model data untuk mendukung lingkungan mesin otomatis dan cerdas. Keuntungan dari sistem kontroler adalah untuk memungkinkan optimasi saat proses pemesinan berlangsung, untuk mempersingkat waktu mesin dan meningkatkan kualitas produk. Struktur data STEP-NC memungkinkan informasi yang kaya tentang operasi pemesinan untuk diambil dan disimpan dalam dokumen Part 21. Informasi ini penting untuk mendukung perencanaan dinamis dan memperoleh parameter pemotongan yang optimal. Metoda yang dilakukan dalam mengoptimasikan proses pemesinan dengan menggunakan Fuzzy Inference System.

Tujuan Fuzzy Inference System (FIS) adalah untuk memperkirakan kemungkinan maksimum laju kecepatan makan dari pahat dengan mempertimbangkan kemampuan dari daya mesin perkakas. Setiap mesin perkakas memiliki rating daya tertentu. Dengan mempertimbangkan daya nominal mesin perkakas, kecepatan makan maksimum untuk proses pengkasaran (roughing) dihitung dengan gaya potong sebagai kendala utama. Daya pemotongan ditentukan berdasarkan efisiensi mekanis dan dijaga selalu di bawah daya motor utama. Kedalaman potong dipilih berdasarkan parameter yang diijinkan. Komponen utama dari FIS adalah fuzzifier, fungsi keanggotaan (membership functions), mesin inferensi fuzzy (fuzzy inference engine), Bank aturan kendali (control rule bank) dan defuzzifier. Model ini menggunakan input, daya potong listrik (ENC), dan perubahan kecepatan makan ( $\Delta f$ ) sebagai output. Untuk mendapatkan sistem input, daya pemotongan referensi ( $N_{ref}$ ) digunakan sebagai nilai patokan daya pemotongan ( $N_c$ ) yang kita inginkan agar dikendalikan secara maksimum. Daya potong ( $N_c$ ) dihitung dari daya pemotongan teoritis. Untuk menjalankan sistem fuzzy, maka digunakan inferensi fuzzy struktur file (\*.fis file). File ini dirancang dan dihasilkan dari Toolbox Fuzzy Logic dalam program MATLAB.

$$EN_c(i) = N_{cref} - N_{cn}(i) \quad (1)$$

dimana  $i$  adalah indeks selisih waktu untuk periode sampel daya pemotongan.

Pada studi kasus dilakukan proses pemotongan dengan Plasma Cutting pada benda kerja berukuran 200 mm × 100 mm × 50 mm akan dipotong fitur Pocket dan Round Hole dengan diameter pahat HSS 3/8 inci.. Pada experiment ini, sistem kontrol umpan balik menggunakan data akuisisi secara online dilakukan selama proses pemotongan. Kesalahan daya potong (ENC) dihitung dan digunakan sebagai masukan untuk fuzzifier. Hasil dari respon kecepatan makan dengan benda kerja plat baja setebal 5 mm seperti pada Gambar 4. Perubahan kecepatan makan merespon seperti yang diharapkan dari input kesalahan daya potong. Transisi dapat diamati terjadi pada sekitar 20 detik dan 55 detik. Hal ini membuktikan bahwa sistem cerdas dan teroptimasi berdasarkan data STEP-NC ini mampu merespon terhadap perbedaan ketebalan plat.



Gambar 4. Respon kecepatan makan untuk pemotongan plat baja dengan perbedaan ketebalan

### 4. Kesimpulan

Penggunaan model data STEP-NC, standar untuk CNC, menyediakan platform yang menjanjikan untuk standar manufaktur, di mana berbagai lingkup aplikasi dapat diperluas melalui berbagai protokol aplikasi. Ini membawa data desain seperti geometri, toleransi dan bahan ke dalam proses control dan monitoring operasi pemesinan, sehingga menjadikan mekanisme kontrol yang kuat. Termotivasi oleh faktor ini, EXPRESS skema dapat dikembangkan untuk mendapat fitur-fitur baru dari proses pemesinan seperti fitur optimisasi. Hal ini diperlukan untuk lingkungan terpadu di mana monitoring kondisi mesin tingkat tinggi dapat dilakukan untuk mengoptimalkan proses pemesinan. Model data EXPRESS bertujuan untuk menyediakan data yang diperlukan untuk mesin optimasi. Pada makalah ini menggunakan STEP-NC (ISO 14649) sebagai pengganti kode G untuk sistem CNC. Format data ISO 10303-21, di mana akan menggunakan penerjemah untuk menafsirkan format file STEP ke dalam bahasa mesin yang dapat dibaca yang disebut dengan Canonical Mesin Command (CMC). STEP-NC memungkinkan sistem memonitor kondisi mesin. Experiment membuktikan bahwa sistem cerdas dan teroptimasi berdasarkan data STEP-NC ini mampu merespon pemotongan dengan perbedaan ketebalan plat.

### Ucapan Terima kasih

Riset ini dibiayai dengan Dana DIPA Universitas Andalas Nomor: Dipa-023.04.2.415061/2014.

### Referensi

- [1] ISO 6983-1:1982, Numerical control of machines – Program format and definition of address words – Part 1: Data format for positioning, line motion and contouring control systems, (Ausgabe, 1982).
- [2] Elbestawi, M.A., Dumitrescu, M., and Ng, E.-G., (2006), *Tool condition monitoring in machining*, Springer Series in Advanced Manufacturing Wang, Lihui; Gao, Robert X (Eds.)1st Edition., Hardcover ISBN: 978-1-84628-268-3). p. 55-82.
- [3] Suh, S.H., Chung, D.H., Lee, B.E., Cho, J.H., Cheon, S.U., Hong, H.D., and Lee, H.S., (2002), *Developing an integrated STEP – compliant CNC prototype*, Journal of Manufacturing Systems, **21**(5): p. 350-362.
- [4] Xu, X. and He, Q., (2004), *Striving for a total integration of CAD, CAPP, CAM and CNC*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, **20**(2): p. 101-109.
- [5] Maeder, W., Nguyen, V.K., Richard, J., and Stark, J., (2002), *Standardisation of the manufacturing process: the IMS STEP-NC project*, IPL (National Network of Competence on Integrated Production and Logistics) Net Workshop, Saas Fee, Switzerland.
- [6] ISO-TC184/SC1/WG7, *Automation systems and integration*, [http://www.iso.org/iso/standards\\_development/technical\\_committees/list\\_of\\_iso\\_technical\\_committees/iso\\_technical\\_committee.htm?commid=54110](http://www.iso.org/iso/standards_development/technical_committees/list_of_iso_technical_committees/iso_technical_committee.htm?commid=54110).
- [7] ISO 14649-1:2003, Industrial automation systems and integration – Physical device control-Data model for computerised numerical controllers – Part 1: Overview and fundamental principles, (ISO Geneva, 2003).
- [8] ISO 14649-10:2003, Industrial automation systems and integration Physical device control – Data model for computerised numerical controllers – Part 10: General process data, (ISO Geneva, 2003).
- [9] ISO 14649-11:2003, Industrial automation systems and integration Physical device control – Data model for computerised numerical controllers – Part 11: Process data for milling.
- [10] T. R. Kramer, F. Proctor, X. Xu, and J. L. Michaloski, *Run-time interpretation of STEP-NC: implementation and performance*, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, vol. 19, pp. 495 - 507, 2006.
- [11] Proctor, F.M., Kremer, T.R., and John, L.M., (1997), *Canonical machining commands*, Intelligent Systems Division, National Institute of Standards and Technology Administration, U.S. Department of Commerce Gaithersburg, Maryland 2089