

INTEGRASI SISTEM INTERAKTIF DALAM SISTEM OPERASI MESIN BUBUT CNC UNTUK PENDIDIKAN

Susilo Adi Widyanto
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedharto, SH, Kampus Tembalang, Semarang, 50275
Telp. 024-7460059
E mail: susilo70@yahoo.com

Abstrak

Pengembangan mesin-mesin produksi cerdas terus dilakukan di antaranya ditujukan sebagai fasilitas pendidikan di sekolah-sekolah pendidikan kejuruan. Penelitian ini mengusulkan suatu perangkat lunak fasilitas interaktif untuk proses pembubutan yang dapat membimbing operator dalam menentukan parameter-parameter proses pembubutan untuk memperoleh kondisi pemotongan optimum. Perangkat lunak yang dikembangkan diintegrasikan ke dalam sistem operasi mesin bubut CNC sehingga proses koreksi dan modifikasi format perintah gerakan dalam G/M code dapat dilakukan secara otomatis.

Kata Kunci : *interaktif, proses bubut, CNC*

1. PENDAHULUAN

Salah satu kunci keberhasilan negara-negara industri maju dalam membangun kekuatan ekonominya adalah kemampuan industrinya dalam membuat produk manufaktur secara efisien. Hal ini dimungkinkan dengan penggunaan teknologi proses produksi berbasis sistem otomasi seperti CAD/CAM-CNC. Demikian halnya dengan pendidikan sumber daya manusia, sejak lama teknologi otomasi manufaktur diajarkan di sekolah-sekolah keteknikan di negara-negara tersebut.

Sedemikian pentingnya teknologi CAD/CAM-CNC untuk meningkatkan daya saing produk manufaktur nasional, pemerintah Indonesia menaruh perhatian besar pada pengembangan SDM untuk level engineer maupun level operator. Hal ini dibuktikan dengan dengan program pemberian bantuan mesin-mesin CNC untuk beberapa perguruan tinggi negeri maupun swasta pada tahun 1990an. Tujuan utama program tersebut adalah untuk mencetak SDM yang memiliki keahlian dan penguasaan teknologi CAD/CAM-CNC. Sayangnya spesifikasi mesin CNC yang diberikan saat itu lebih diperuntukkan untuk proses pembelajaran saja yaitu untuk praktikum dan bukan spesifikasi mesin CNC untuk industri yang harganya jauh lebih mahal. Di samping itu pada saat ini, mesin-mesin CNC yang ada tidak lagi didukung oleh ketersediaan komponen-komponennya di pasaran.

Menyadari hal-hal tersebut maka sejak tahun 1996 mulai dilakukan riset dan pengembangan teknologi CAD/CAM-CNC berbasis produk lokal. Fokus pengembangan teknologi ini adalah untuk mempersempit kesenjangan antara spesifikasi teknologi untuk keperluan pembelajaran/praktikum dengan aplikasi di industri dengan tetap menekan biaya investasi maupun operasional serendah mungkin. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem interaktif proses pembubutan yang terintegrasi di dalam sistem operasi mesin bubut CNC yang telah dikembangkan. Sistem interaktif ini

digunakan sebagai sistem pembimbing operator untuk dapat menentukan parameter proses yang tepat sehingga diperoleh kondisi pemotongan optimum.

1. PENGEMBANGAN PROSES PEMBUBUTAN OTOMATIS

Berbagai pengembangan sistem operasi CNC telah dilakukan sejak dekade tahun 80-an. Berdasarkan studi literatur lima tahun terakhir, pengembangan teknologi CNC cenderung diarahkan pada optimasi prosesnya. Pada tahun 2009, Car dkk mengembangkan prosedur optimasi proses pembubutan menggunakan *artificial intelligence*. Proses optimasi didasarkan pada kondisi minimum waktu pemesinan dan ongkos produksi, pertimbangan teknologi dan batasan material. Gurel dan Akturk (2007) mengusulkan suatu algoritma *heuristic* untuk menggenerasi pendekatan solusi efisiensi antara ongkos pemesinan dengan pembobotan waktu penyelesaian proses secara simultan pada mesin bubut CNC individual. Hasil komputasi mereka menunjukkan bahwa diperoleh hasil yang lebih baik dibandingkan metode saat ini yang menghubungkan ongkos pemesinan dengan waktu roses yang dibutuhkan.

Pada sisi *production planning*, Yusof dan Case (2008) mengusulkan sistem pemodelan proses bubut maupun *milling* yang menggunakan *dialog user interface* untuk menggambarkan informasi pada model. Sistem tersebut dibangun dengan metodologi terstruktur pada tahapan awal dan menggunakan metode obyek terorientasi pada tahapan selanjutnya.

Berbagai riset untuk mengoptimasi kualitas proses pemesinan juga banyak dilakukan, di antaranya oleh Karpat dan Ozel (2005) yang mengembangkan suatu *neural network* untuk memodelkan kekasaran permukaan dan karakteristik keausan pahat pada proses pembubutan material keras menggunakan pahat CBN. Dari sisi perilaku dinamik mesin perkakasnya, Bisu dkk (2007) mengoptimasi dan melakukan karakterisasi

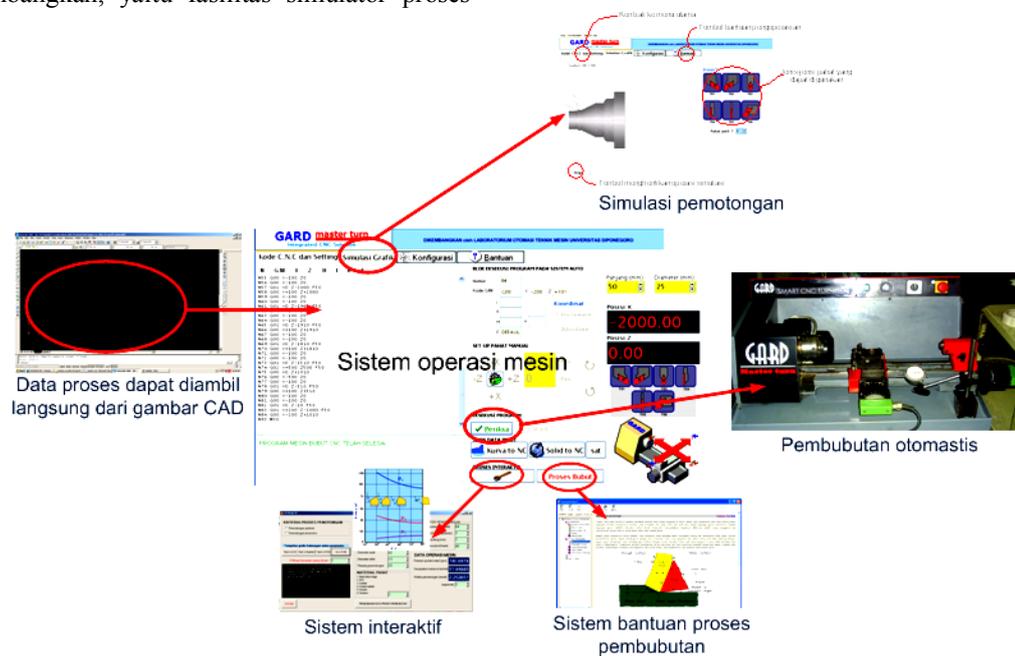
dimanik komponen sistem pembubutan. Analisis mereka menunjukkan bahwa kebutuhan untuk menampilkan perilaku spesifik komponen mesin pada saat pemotongan dapat digambarkan dengan tampilan getarannya.

2. PENGEMBANGAN SISTEM INTERAKTIF UNTUK OPTIMASI PROSES PEMBUBUTAN

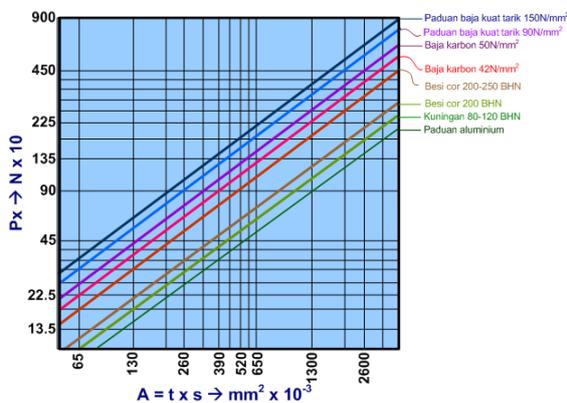
Pengembangan sistem interaktif merupakan tahapan dasar dalam pengembangan mesin CNC cerdas. Secara spesifik, fasilitas ini ditujukan untuk membimbing operator dalam menentukan parameter proses untuk memperoleh kondisi pemotongan yang optimum. Untuk mempermudah proses koreksi dan modifikasi format perintah gerakan, sistem interaktif yang dikembangkan diintegrasikan ke dalam sistem operasi mesin bubut CNC. Terdapat beberapa bagian yang mendukung sistem operasi mesin bubut CNC yang dikembangkan, yaitu fasilitas simulator proses

pemotongan, fasilitas G code generator, fasilitas bantuan dan sistem akses ke perangkat keras mesin. Fasilitas-fasilitas tersebut ditunjukkan dalam Gambar 1.

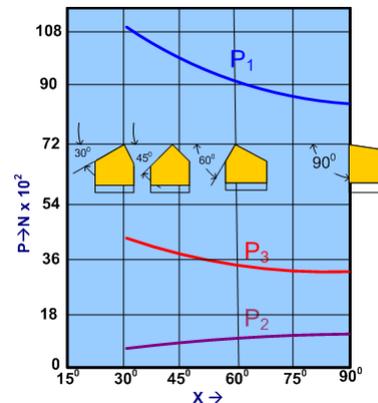
Konsep sistem interaktif yang diusulkan berupa suatu fasilitas analisis kondisi pemotongan berbasis database proses pemotongan yang menyatakan hubungan antara gaya pemotongan dan luas penampang geram, gaya pemotongan dan sudut potong utama pahat dan hubungan antara kecepatan potong dan gerak makan yang disarankan. Hubungan-hubungan antar parameter tersebut telah diteliti sebelumnya dan secara praktis telah dituangkan dalam bentuk kurva seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, 3 dan 4. Selanjutnya kurva-kurva tersebut diturunkan menjadi bentuk persamaan matematis untuk setiap bahan yang digunakan sebagai dasar perhitungan gaya pemotongan yang ditampilkan.



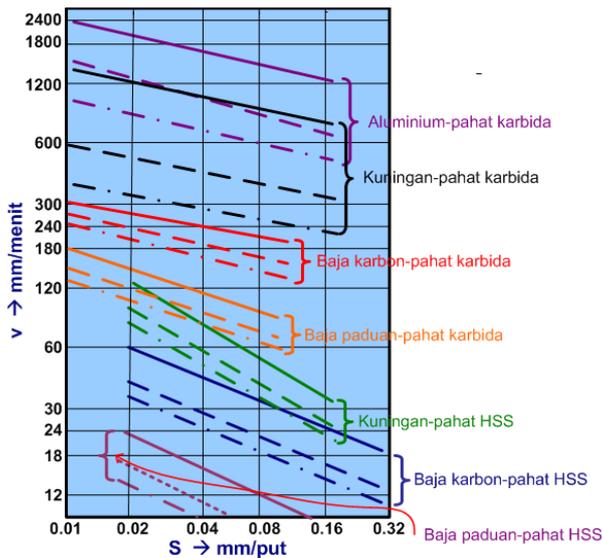
Gambar 1. Fasilitas-fasilitas yang diintegrasikan ke dalam sistem operasi mesin bubut CNC untuk pendidikan



Gambar 2. Kurva gaya potong vs luas penampang geram (Wirjomartono dan Martawirya, 1985).



Gambar 3. Kurva gaya potong vs sudut potong utama pahat (Wirjomartono dan Martawirya, 1985).



Gambar 4. Kurva kecepatan potong dengan gerak makan yang disarankan (Wirjomartono dan Martawirya, 1985).

Fasilitas interaktif juga menampilkan informasi-informasi pendukung pelaksanaan proses pembubutan antara lain putaran spindel, kecepatan makan, waktu pemotongan dan jenis pendingin yang harus digunakan sesuai kondisi pemotongan yang dipilih. Hubungan empiris yang digunakan untuk perhitungan informasi-informasi tersebut diuraikan sebagai berikut:

Perhitungan putaran spindel. Salah satu parameter proses pemotongan yang harus ditentukan oleh operator yang berkaitan dengan material benda kerja, material pahat dan gaya pemotongan adalah kecepatan potong. Pada proses pembubutan, kecepatan potong dihasilkan oleh putaran spindel sehingga pemberian informasi putaran spindel akan lebih mudah dipahami oleh operator. Hubungan empiris antara kecepatan potong dan putaran spindel dapat dinyatakan dalam Persamaan 1.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan :
V = kecepatan potong (m/menit)
D = diameter benda kerja (mm)
n = putaran sindel (rpm)

Perhitungan kecepatan makan. Informasi kecepatan makan diperlukan dalam perhitungan waktu pemotongan, Korelasi antara gerak makan dan kecepatan makan dinyatakan dalam Persamaan 2.

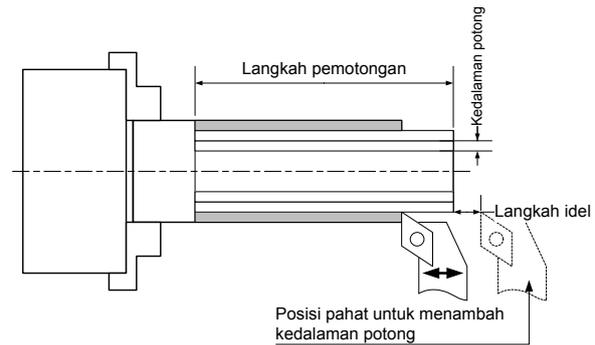
$$V_f = F \cdot n \dots\dots\dots(2)$$

Dengan
V_f = kecepatan makan (mm/menit)
F = gerak makan (mm/put)
n = putaran spindel (rpm)

Perhitungan waktu pemotongan. Salah satu parameter proses pemotongan yang pada umumnya dikaitkan dengan ongkos pemesinan suatu produk adalah waktu pemotongan. Waktu pemotongan dihitung berdasarkan panjang langkah pemotongan dikalikan dengan kecepatan makan. Secara riil panjang langkah pemotongan tiap tahapan terdiri dari langkah pemotongan ditambah langkah idel. Perhitungan waktu pemotongan mengikuti Persamaan 3 dan dapat dijelaskan dengan Gambar 5. Pada sistem interaktif ini panjang langkah pemotongan total diperoleh secara otomatis dari pensimulasian proses pemotongan sehingga informasi yang perlu ditambah ke dalam sistem interaktif adalah panjang langkah idel.

$$t = \left(\frac{D_0 - D_{akhir}}{2a} \right) \times (L + L_{idel}) \times V_f \dots\dots\dots(3)$$

Dengan
t = waktu pemesinan (menit)
D₀ = Diameter awal benda kerja (mm)
D_{akhir} = diameter akhir benda kerja (mm)
a = kedalaman potong (mm)
L = langkah pemotongan (mm)
L_{idel} = langkah idel (mm)
V_f = Kecepatan makan (mm/menit)

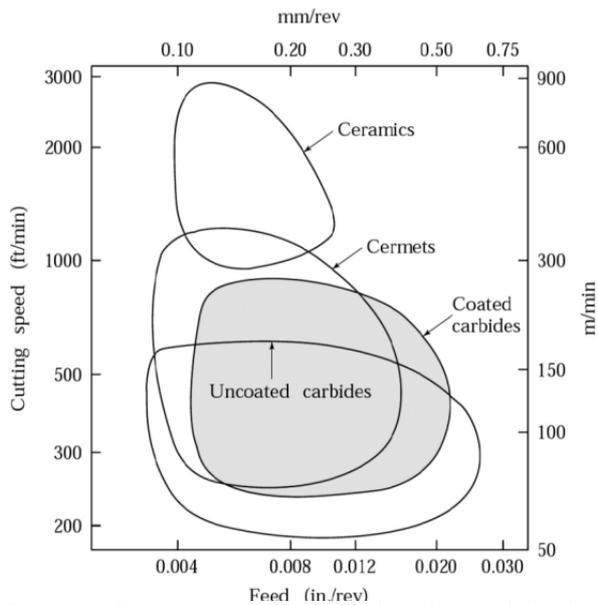


Gambar 5. Konsep perhitungan waktu pemotongan sederhana

Untuk menampilkan informasi-informasi dalam sistem interaktif, data-data yang diperlukan meliputi:

- Jenis bahan produk
- Dimensi benda kerja
- Bahan pahat
- Dimensi/geometri pahat

Pengaruh bahan pahat pada penentuan kecepatan pemotongan mengacu pada kurva yang ditunjukkan dalam Gambar 6. Selanjutnya daerah operasional tiap jenis bahan pahat tersebut didefinisikan dalam bentuk persamaan matematis dengan variabel masukan berupa bahan produk, kecepatan potong dan gerak makan maupun kecepatan makan.



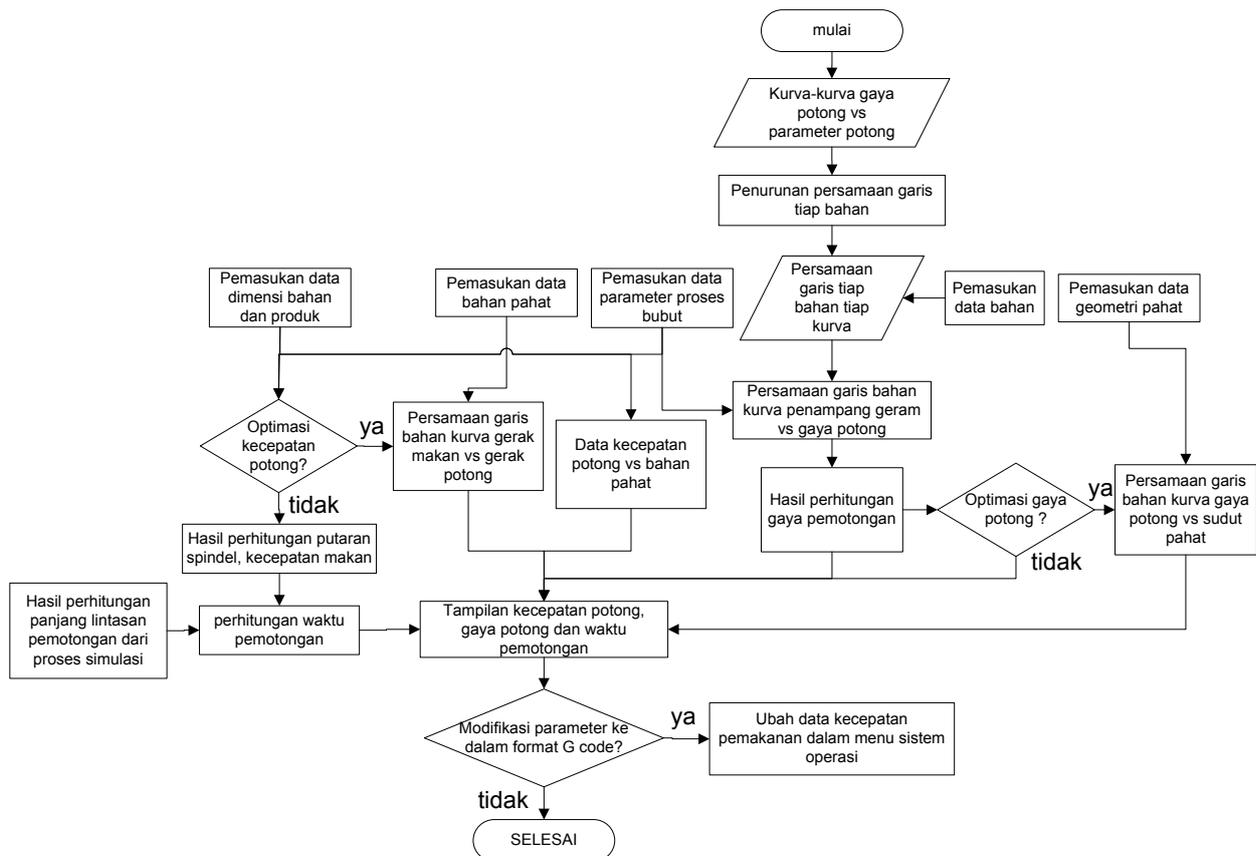
Gambar 6. Kecepatan potong berbagai material pahat (Kalpakjian dan Schmid, 2001).

Hubungan antara data masukan dan hasil analisis yang ditampilkan dalam fasilitas interaktif dinyatakan dalam diagram alir Gambar 7.

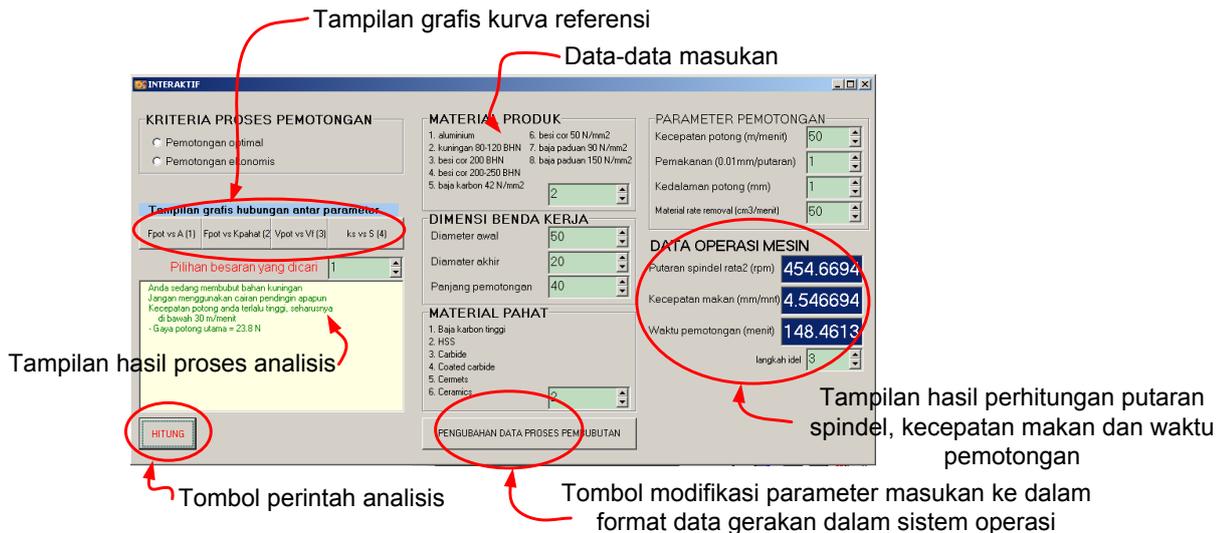
3. ANALISIS HASIL PERANGKAT LUNAK FASILITAS INTERAKTIF

Fasilitas interaktif dibuat dengan bahasa Borland Delphi 6. Tampilan menu dengan keterangannya ditunjukkan dalam Gambar 8. Prosedur pengoperasian diuraikan sebagai berikut:

- Menampilkan format perintah gerakan dalam sistem operasi mesin. Perintah gerakan ini dapat diperoleh dari penulisan data secara langsung (manual data input), atau menggunakan fasilitas *G code generator* dengan input berupa data gambar kurva maupun gambar tiga dimensi
- Mensimulasikan perintah gerakan menggunakan fasilitas simulator
- Menutup fasilitas simulator dan masuk ke fasilitas interaktif
- Mengisi seluruh data masukan yang berupa data parameter proses pembubutan, bahan benda kerja, dimensi benda kerja, dan bahan pahat. Tanpa prosedur ini, isian data berupa data default (Gambar 9)
- Mengklik tombol hitung berarti proses analisis dilakukan
- Dengan mengklik tombol pengubahan data proses pembubutan, maka seluruh data parameter input akan digunakan untuk memodifikasi format data perintah dalam sistem operasi.



Gambar 7. Diagram alir cara kerja fasilitas interaktif proses bubut

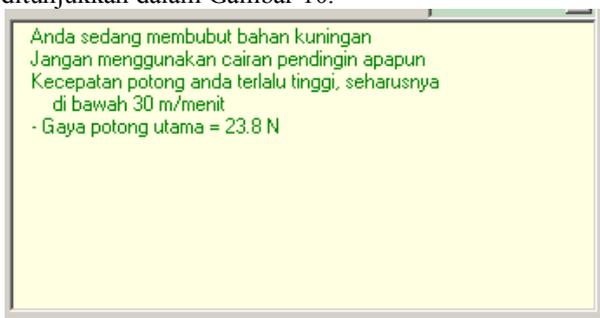


Gambar 8. Tampilan menu fasilitas interaktif



Gambar 9. Format data-data masukan pada fasilitas interaktif

Format tampilan informasi luaran berupa konfirmasi bahan produk, saran pelaksanaan proses pemesinan misalnya penggunaan cairan pendingin, pemberitahuan kesesuaian material pahat terhadap penentuan parameter proses pemotongan dan hasil perhitungan gaya pemotongan. Contoh tampilan sistem interaktif yang berisi informasi saran pelaksanaan proses pembubutan dan analisis gaya pemotongan ditunjukkan dalam Gambar 10.



Gambar 10. Contoh tampilan fasilitas interaktif

Dengan persamaan 1, 2 dan 3, putaran spindle, kecepatan makan dan waktu pemotongan dapat dihitung dan hasilnya ditampilkan dalam menu fasilitas

interaktif seperti ditunjukkan dalam Gambar 11. Pada pengembangan berikutnya informasi-informasi ini dapat digunakan sebagai dasar perhitungan ongkos produksi setelah ditambahkan beberapa nilai kompensasi yang diperoleh dari berbagai kajian. Seluruh tampilan informasi dihasilkan hanya dengan mengaktifkan tombol HITUNG.



Gambar 11. Data-data hasil perhitungan yang ditampilkan dalam fasilitas interaktif

4. KESIMPULAN

- Pengembangan perangkat lunak sebagai fasilitas interaktif dalam proses pembubutan merupakan tahapan dasar dalam pengembangan mesin bubut cerdas.
- Fasilitas interaktif yang tergabung dalam sistem operasi mesin bubut CNC secara efektif dapat memberikan informasi-informasi menyeluruh tentang proses pembubutan sehingga dapat membimbing operator dalam menentukan parameter proses yang optimum.

PUSTAKA

- Bisu, C.F., Ispas, C., Gerard, A. and K'nevez, J.Y., (2007),” Otimization and Dynamic Characterization System Part in Turning”, *Proceedings of the 16th International Conference on Manufacturing Systems – ICMaS*, Bucarest Romania.
- Car, Z., Barisic, B. and Ikonic, M.,(2009), “Genetic Algorithm Based CNC Turning Center Exploitation Process Parameters Optimization”, *Metalurgija*, Vol. 48, No. 1, pp. 47-50 47.
- Gurel, S. and Akturk, S., (2007),” Considering manufacturing cost and scheduling performance on a CNC turning machine”, *European Journal of Operational Research*, Vol. 177, pp. 325–343
- Kalpakjian dan Schmid., 2001, *Manufacturing Engineering and Technology*, Prentice-Hall.
- Karpat, Y. and Ozel, T., (2005), *Hard Turning Optimization Using Neural Network Modeling and Swarm Intelligence*, Department of Industrial and Systems Engineering Rutgers, The State University of New Jersey Piscataway, New Jersey.
- Yusof, Y. and Case, K., (2008),” STEP Compliant CAD/CAPP/CAM System for Turning Operations”, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008 WCECS 2008*, October 22 - 24, 2008, San Francisco, USA.
- Wirjomartono, S dan Martawirya, Y.Y., 1985, *Mesin Perkakas*, Lab. Teknik Produksi & Metrologi Industri, Teknik Mesin ITB