

Pendeteksian Fitur Lubang Tembus pada Model 3D untuk Pembuatan Alur Pahat Pengeboran

Achmad Yahya T.P., Novri Tanti, Yohanes Kristiawan
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jln.Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519, Fax. (0721) 704947
Email: ypanuju@yahoo.com

Abstrak

Lubang tembus merupakan fitur yang amat banyak terdapat pada berbagai produk, maka proses pendeteksian fitur ini secara otomatis untuk pembuatan alur mata pahat (tool path) proses pengeborannya menjadi hal yang menarik untuk dibahas. Keseluruhan proses ini dibuat berbasis model 3D faset dengan tipe sterolithography (STL). Identifikasi lubang tembus dilakukan dengan mengidentifikasi volume solid dan volume kosong pada model, sekaligus mengidentifikasi koordinat pusat, diameter dan kedalaman lubang menggunakan data koordinat dan normal segitiga model faset, sehingga memungkinkan proses pembuatan alur pahat dilakukan sesuai dengan data yang telah didapatkan. Serangkaian algoritma disusun dan diimplementasikan pada beberapa model 3D yang memiliki fitur lubang tembus. Berdasarkan hasil pengujian, algoritma ini terbukti dapat mendeteksi fitur lubang tembus lengkap dengan data-data yang dibutuhkan untuk pembuatan alur pahalannya.

Kata kunci: lubang tembus, model faset, alur pahat

1. PENDAHULUAN

Identifikasi fitur model produk pada tahap perencanaan produksi merupakan aspek penting yang dapat menentukan efisiensi proses produksi berikutnya. Hal ini disebabkan karena dalam tahap identifikasi fitur, seorang engineer akan menentukan tahapan proses produksi yang dibutuhkan, peralatan, keahlian yang dibutuhkan, sumber daya tambahan dan estimasi biaya produksi. Kekeliruan pada tahap identifikasi fitur akan berakibat fatal, sebagaimana pula ketidak-efisienan dalam tahap ini akan menyebabkan penundaan pengerjaan proses berikutnya.

Pada dasarnya, identifikasi fitur dapat diklasifikasikan dalam dua kelompok besar, yaitu identifikasi dengan intervensi manusia dan *Automated Feature Recognition* (AFR). Identifikasi dengan intervensi manusia merupakan identifikasi secara manual, sedangkan AFR menggunakan algoritma tertentu sehingga fitur dapat dikenali secara otomatis (Henderson, 1994). Proses identifikasi otomatis ini sering dimasukkan dalam kategori

sistem *Computer Aided Process Planning* (CAPP). Lubang tembus merupakan fitur yang amat sering ditemui dalam sebuah produk, dan biasanya merupakan fitur yang digunakan untuk kepentingan perakitan, di mana lubang tembus dipakai untuk baut, paku keling, dan komponen penyambung lainnya. Proses yang dibutuhkan untuk membuat lubang tembus adalah proses yang spesifik dan berulang dalam jumlah banyak, sehingga tahap identifikasi lubang tembus akan membutuhkan waktu yang cukup lama jika dikerjakan secara manual. Untuk menjadikan keseluruhan proses produksi menjadi lebih efisien, maka tahap identifikasi lubang tembus harus dibuat secara otomatis, menggunakan piranti lunak yang dapat mendeteksi keberadaan fitur lubang tembus pada sebuah model, sekaligus mengidentifikasi data-data yang dibutuhkan untuk proses pembuatannya (pengeboran) yang meliputi koordinat pusat, diameter dan kedalaman lubang tembus.

Sudah ada beberapa artikel yang ditulis oleh para peneliti tentang identifikasi fitur, seperti yang ditulis oleh Abu dan Tap (2007),

di mana mereka mengembangkan identifikasi fitur berbasis atribut menggunakan skema B-rep. Pendeteksian sebuah fitur didasarkan pada jumlah sisi yang terdeteksi, tipe sisi dan jumlah rusuk dari model 3D. Penelitian tersebut telah berhasil mengidentifikasi beberapa fitur dasar, namun belum menampilkan informasi yang dibutuhkan untuk proses produksi, seperti dimensi dan posisi dari fitur yang dideteksi. Selain itu Nnaji dan Liu (1990) juga membuat sebuah sistem untuk mengekstraksi fitur dari model 3D pada CAD yang berbasis CSG (Constructive Solid Geometry). Format CSG sebelumnya juga diubah menjadi B-rep, sehingga informasinya bisa didapatkan, dan digunakan untuk kepentingan produksi dan perakitan. Raymond dkk (2000) menggunakan representasi octree pada B-rep untuk mengidentifikasi fitur untuk perakitan komponen.

Artikel ini menyajikan hal yang berbeda dari penelitian-penelitian yang disebutkan di atas, di mana pembahasan dalam artikel ini membuat sebuah metode untuk mendeteksi keberadaan lubang tembus dalam sebuah model 3D, berikut data-data yang dibutuhkan untuk pemesinannya sebagaimana dijelaskan di atas. Pendeteksian yang dilakukan berbasis pada model faset, yang konsep dasarnya telah diteliti oleh Choi (1984) dan Kiswanto (2010).

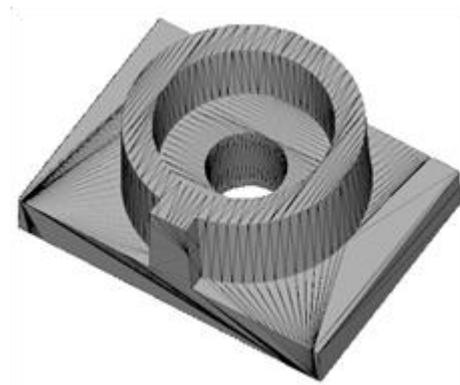
2. BAHAN DAN METODE

Model 3D yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 3D dalam format stereolithography, yang merupakan file dengan ekstension STL. STL adalah sebuah format file yang berupa representasi triangulasi dari suatu permukaan 3 dimensi, dengan ekstensi .STL, dan format file ini secara luas telah digunakan pada proses rapid prototyping.

Gambaran fisik dari format file STL ini adalah sebuah benda 3 dimensi yang ditriangulasi menjadi sejumlah segitiga-segitiga, yang disebut faset. Masing-masing faset ini direpresentasikan dalam koordinat-koordinat ketiga sudutnya, ditambah dengan koordinat normal dari segitiga tersebut. Hal ini membuat format ini hanya mampu menggambarkan geometri dari permukaan benda 3 dimensi tersebut, namun tidak memuat informasi mengenai tekstur dan warna dari

permukaan tersebut. Perlu diingat bahwa penggambaran geometri permukaan dengan triangulasi ini hanya merupakan pendekatan, sehingga semakin banyak segitiga yang digunakan, maka akan semakin mendekati bentuk yang sebenarnya. Namun ketika segitiga-segitiga ini berjumlah semakin banyak, maka akan semakin besar pula ukuran file STL yang terbentuk. Setiap segitiga yang dibentuk dapat diidentifikasi melalui koordinat ketiga sudut yang dimiliki oleh segitiga tersebut ditambah dengan koordinat normalnya (garis tegak lurus terhadap permukaan yang terletak pada titik berat permukaan, dengan panjang 1 satuan).

Contoh dari triangulasi yang dilakukan pada sebuah bentuk 3D dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Triangulasi Model 3D

Pembacaan komponen-komponen tersebut (normal dan ketiga sudut) adalah tertentu, yang mengikuti aturan tangan kanan. Hal ini sekaligus akan membedakan permukaan luar dan dalam dari setiap faset, yang harus diterapkan secara konsisten pada seluruh faset lainnya dalam program yang sama.

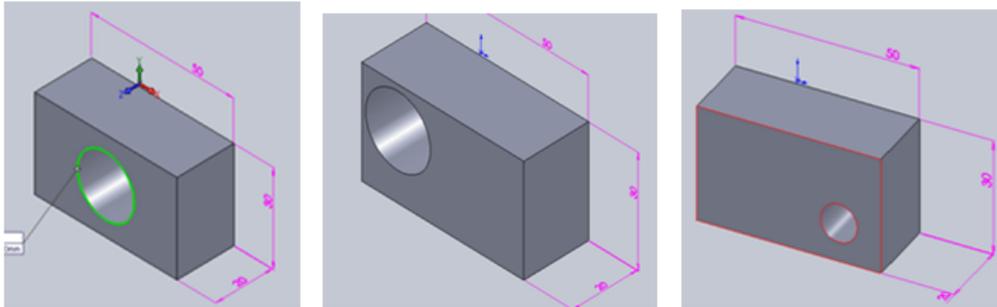
Identifikasi lubang tembus dapat dilakukan dengan penerapan tahapan algoritma berikut ini:

- Pengirisan model faset (slicing)
- Model mapping
- Identifikasi koordinat pusat, diameter dan kedalaman lubang

Dan sebagai objek penelitian, dibuat tiga model 3D sederhana yang memiliki fitur lubang dengan diameter dan posisi yang berbeda, sebagaimana terlihat pada gambar 2.

Hasil pendeteksian yang dilakukan oleh algoritma nantinya akan dibandingkan dengan

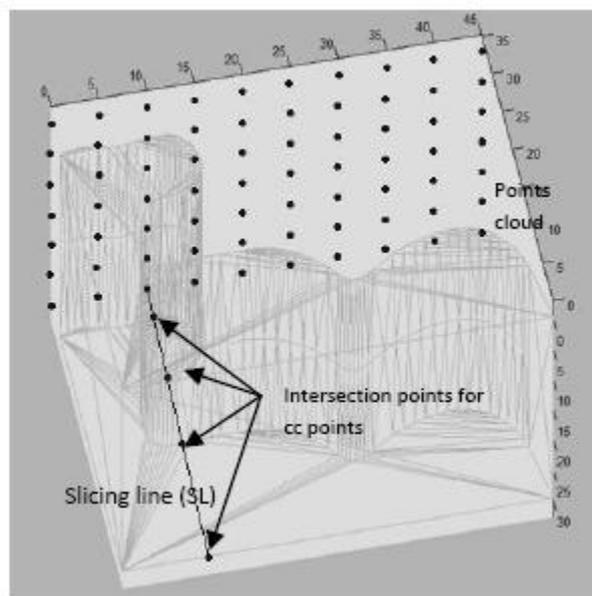
kondisi riil dari model 3D yang dibuat.



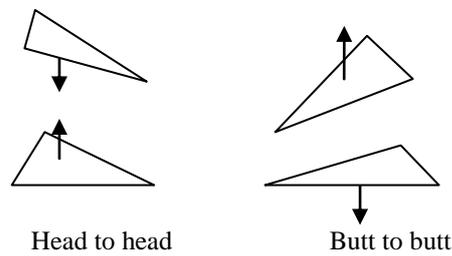
Gambar 2. Model 3D sebagai Objek Penelitian

Tahap selanjutnya, yaitu proses slicing merupakan proses di mana model 3D STL diiris oleh garis imajiner yang ditarik dari atas ke bawah (gambar 3). Acuan pembuatan garis imajiner ini merupakan kumpulan titik-titik (points cloud) yang telah ditentukan sebelumnya, di mana semakin rapat dan banyak titiknya, maka hasil proses slicing menjadi semakin akurat, namun tentunya memerlukan waktu eksekusi algoritma yang cukup lama. Model 3D STL yang terdiri dari

faset-faset, jika dilintasi oleh sebuah garis, maka sistem dapat mendeteksi bagian yang merupakan volume solid, dan bagian yang merupakan volume kosong. Hal ini dapat dilakukan karena struktur sebuah volume solid merupakan kombinasi dari pasangan faset dengan vektor normal yang saling memunggungi (butt to butt). Ilustrasi dari kombinasi faset ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Ilustrasi Proses Slicing



Gambar 4. Konfigurasi Faset pada Volume Solid dan Kosong

Hasil dari proses slicing tadi adalah data matriks, yang merupakan pemetaan dari model 3D yang di-slicing, dan berikutnya matriks ini akan disebut sebagai matriks peta. Dalam penelitian ini, setiap volume solid yang terdeteksi akan memberikan nilai 1 pada matriks peta, sedangkan volume kosong (lubang tembus) memberikan nilai 0. Tahap ini disebut sebagai proses model mapping, yang mana sistem dapat mendeteksi pola lingkaran, yaitu kumpulan nilai 0, di tengah-tengah kumpulan nilai 1, yang merepresentasikan volume solid. Berdasarkan nilai-nilai yang ada pada matriks peta, sistem akan dengan mudah menentukan model mana yang memiliki fitur lubang tembus, dan mana yang tidak.

Langkah berikutnya adalah menentukan koordinat pusat dari lubang tembus, yang dilakukan dengan algoritma sebagai berikut:

- Menentukan nilai baris terendah dan tertinggi dari kumpulan nilai 0 pada matriks peta.
- Menentukan nilai kolom terendah dan tertinggi dari kumpulan nilai 0 pada matriks peta.
- Menentukan nilai koordinat pusat, yang merupakan nilai tengah dari nilai yang

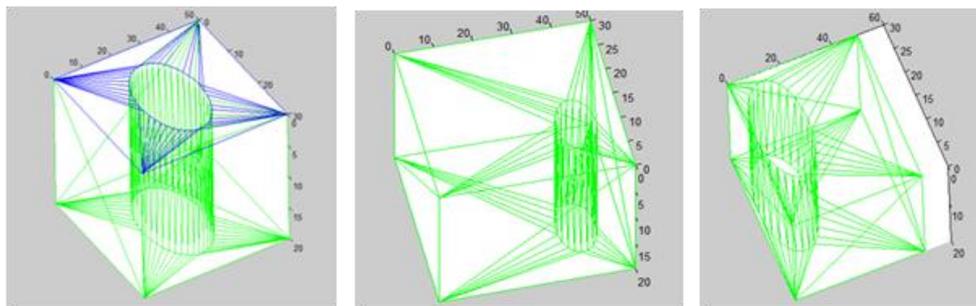
didapat dari poin a dan b.

- Menentukan diameter lubang yang merupakan selisih dari nilai-nilai yang didapat dari poin a dan b.

- Menentukan kedalaman lubang yang merupakan selisih koordinat vertikal faset bagian atas dan koordinat faset bagian bawah dari volume solid pada di pinggir lubang (volume solid terdeteksi dengan garis slicing mengiris dua faset, bagian atas dan bagian bawah dari volume solid tersebut).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

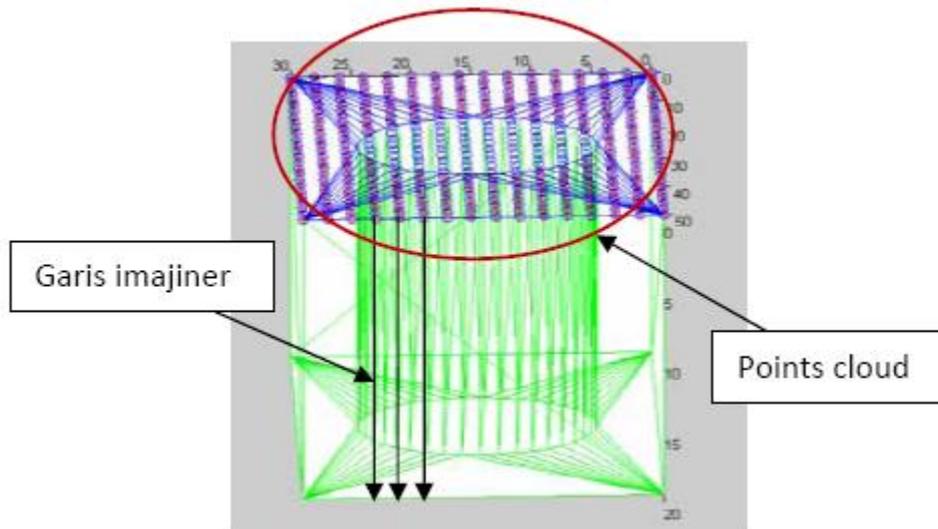
Ketiga model yang telah dibuat sebelumnya ditriangulasi dan diubah formatnya ke dalam bentuk STL, sebagaimana yang terlihat pada gambar 5. Resolusi triangulasi pada model ini dibuat medium, karena triangulasi dengan resolusi rendah akan menyebabkan ketidak-akuratan hasil perhitungan koordinat pusat dan diameter, sedangkan triangulasi dengan resolusi tinggi akan mengakibatkan waktu eksekusi algoritma menjadi lama, karena banyaknya faset yang harus dianalisa.



Gambar 5. Model 3D dalam Format STL

Model 3D dalam format STL ini memungkinkan bagi kita untuk melakukan proses slicing, dengan menarik garis-garis imajiner dari kumpulan titik (points cloud)

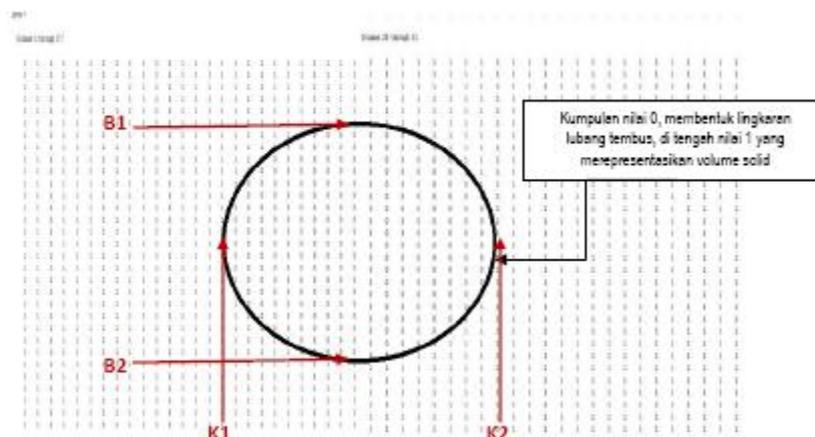
pada bagian atas model ke bagian bawah, sehingga garis-garis tersebut akan beririsan dengan faset-faset yang membentuk model (gambar 6).



Gambar 6. Slicing pada Model dari Points Cloud

Sebuah garis imajiner yang mengiris sebuah volume solid setidaknya akan beririsan dengan dua faset yang saling memunggungi (butt to butt), dan kondisi ini diberi kode angka / nilai 1, yang ditempatkan pada matriks peta. Kolom dan baris matriks peta disesuaikan dengan dimensi model, sehingga tampilan dari matriks peta akan benar-benar menyerupai sebuah peta, yang akan menandakan

keberadaan sebuah lubang tembus. Sebaliknya, jika garis imajiner tidak beririsan dengan satu faset pun, maka kondisi tersebut merupakan indikasi keberadaan volume kosong, diberi kode angka 0. Dan jika angka 0 pada matriks peta membentuk sebuah lingkaran di tengah volume solid, maka dapat disimpulkan bahwa fitur tersebut adalah lubang tembus (gambar 7).



Gambar 7. Matriks Peta yang Menunjukkan Eksistensi Lubang Tembus

Secara ringkas, algoritma dari tahap ini dapat dituliskan:

```

x = jumlah titik pada sumbu x
y = jumlah titik pada sumbu y
begin
for n = 1 - x
    for m = 1 - y
        slicing: apakah mengiris faset butt to butt?
        If yes, nilai = 1; if no, nilai = 0
        Matriks peta (n,m) = nilai
    end
end
cek: apakah ada kumpulan 0?
if yes, cek: apakah kumpulan berbentuk lingkaran berisi penuh?
    if yes, indikasi: lubang tembus; if no, volume kosong
if no, volume solid full
end
    
```

Terdeteksinya sebuah lubang tembus pada model akan menyebabkan sistem melanjutkan eksekusi algoritma ke tahap selanjutnya, yaitu perhitungan data koordinat pusat lingkaran, diameter serta kedalaman. Data-data ini bisa didapatkan dengan mencatat nilai-nilai koordinat angka 0 dengan baris terendah dan tertinggi, serta angka 0 dengan kolom terendah dan tertinggi. Keempat variabel tersebut disimbolkan dengan B1, B2, K1 dan K2 (gambar 7). Dengan pengolahan secara matematika sederhana, nilai koordinat pusat dan diameter akan diperoleh. Sedangkan nilai kedalaman lubang diperoleh dari selisih koordinat z (sumbu tinggi dari model) pada faset bagian atas dan faset bagian bawah yang teriris oleh garis imajiner pada sisi lubang tembus. Hasil dari algoritma ini kemudian dimasukkan ke dalam tampilan (interface) yang dapat dilihat oleh pengguna, seperti yang tampak pada gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Piranti Lunak Pendeteksi Fitur Lubang Tembus

Data-data yang didapat oleh algoritma yang telah dibuat, sehingga didapatkan hasil dicocokkan dengan kondisi riil pada model 3D seperti yang terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Verifikasi Data Hasil Algoritma dan Kondisi Riil Model 3D

	Model 1		Model 2		Model 3	
	Hasil	Riil	Hasil	Riil	Hasil	Riil
Koordinat pusat (x;y)	(15;25)	(15,25)	(19,5;11,5)	(19,5;11,5)	(11;38,5)	(11;38,5)
Diameter	19	19	20	20	10	10
Kedalaman	20	20	20	20	15	15

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa data yang diperoleh oleh sistem algoritma ini telah sesuai dengan data kondisi riil pada model 3D yang dibuat. Tingkat akurasi sistem ini akan sangat ditentukan oleh banyaknya titik sampel pada points cloud dan sistem konversi dari koordinat matriks peta ke dimensi yang sebenarnya, sehingga algoritma ini pada dasarnya tetap bisa digunakan untuk lubang tembus dengan nilai diameter dan kedalaman yang tidak bulat sekalipun.

4. SIMPULAN

Sebagai bagian dari usaha untuk meningkatkan efisiensi perencanaan produksi, identifikasi fitur lubang tembus secara otomatis merupakan aspek yang layak untuk dipakai dalam sebuah industri. Selain mengurangi risiko dari *human-error*, sistem ini juga mampu untuk mengurangi konsumsi waktu dalam aliran proses manufaktur secara keseluruhan.

Serangkaian algoritma telah dibuat, dan diujikan pada beberapa model 3D sederhana yang memuat lubang tembus, dan hasil dari pengujian algoritma menunjukkan bahwa algoritma ini telah mampu mendeteksi keberadaan fitur lubang tembus pada model 3D, serta menentukan koordinat pusat, diameter dan kedalaman lubang tembus tersebut dengan benar. Hal ini sekaligus membuktikan bahwa hasil algoritma ini dapat digunakan untuk membuat alur mata pahat dalam proses pengeboran lubang tembus.

Hasil dari penelitian ini lebih jauh dapat digunakan untuk penelitian dalam bidang identifikasi fitur yang lain, yang memungkinkan nantinya terbentuk sebuah sistem CAPP lengkap yang berbasis stereolithography.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abu, R., and Tap, M., "Attribute based feature recognition for machining features," Jurnal Teknologi vol. 46.A Universiti Teknologi Malaysia, Jun 2007.
- [2] B. K. Choi, M. M. Barash, and D. C. Anderson, "Automatic feature recognition

- of machined surface from a 3D solid model," Computer Aided Design Vol. 16, 1984, pp. 81-86
- [3] Henderson, M. R., G. Srinath, S. Roger, K. Walker, and W. Regli. "Boundary Representation-based Feature Identification." In J. J. Shah, M. Mantyla, Dana S. N. (Eds.). Advances in Feature Based Manufacturing, Elsevier Science Ltd., 1994
- [4] Kiswanto, G., Yahya, A., "Development of Closed Bounded Volume (CBV) Grouping Method of Complex Faceted Model through CBV Boundaries Identification" International Conference on Computer and Automation Engineering, Singapore, 2010
- [5] Nnaji, B. O. and H. C. Liu. "Feature Reasoning for Automatic Robotic Assembly and Machining in Polyhedral Representation". International Journal of Production Research. 1990, 28: 517-540.
- [6] Raymond, C. W. S., J. S. Corney, and D. E. R. Clark. "Octree Based Recognition of Assembly Features". Proceeding of DETC'00: ASME 2000 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. Baltimore, Maryland. 10-13 Sept 2000. 1-10.
- [7] Tseng, Y. J., dan Joshi, S. B., "Recognizing multiple interpretation of interactive machining features," Computer-Aided Design vol 26, 1994, pp. 667-688