

CONSTRUCTION OF SURFACE GEOMETRY OF WINGS AND TURBINE BLADE USING SIMULTANEOUS FITTING APPROACH

Toni Prahasto [toni_prahasto@yahoo.com], and Nursyah F. Rizky
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik - Undip

Abstract

The need of alternative energy as the energy source for the future is unavoidable. Wind energy is one of the most promising alternative to be used for the generation of electricity, because of its cheapness, easy to get, and endless. The key to extract the wind energy is to build a customized blade suitable for particular geographical location and wind pattern. To work at the optimum performance, a wind-turbine needs a specially designed blade. The shape of the blade must be easy to construct and to manipulate. The manipulation allows modification and enhancement of blade surface in order to extract the wind-energy as much and efficient as possible.

This paper presents the Design For Manufacturing (DFM) approach of constructing the geometry of blades. The method used in this paper is based on previous research by Prahasto[1,2].

The geometry of blades is constructed from sectional airfoils. These airfoils are specified as a collection of data points. From the perspective of flow performance, the airfoil should be fitted with a prespecified tolerance. The fitting must be performed simultaneously to maintain the compatibility of airfoils for the purpose of the subsequent skinning. This research aims at providing a method for creating a NURBS skeleton of blades from the sectional data to facilitate the skinning process, and to serve as an aid in the design process. The goal of the research is to simultaneously fit sectional data with NURBS curves that approximate them to a pre-specified tolerance. Once the set of sectional airfoils are available, the construction proceeds with skinning process to develop the whole surface of the blade. The result is a complete method for constructing surface of blades accurately and efficiently.

The paper also reports the implementation of the construction method described above. The implementation result in a software kernel to design the geometry of blades as . This software developed based on Non Uniform Rational B-Spline (NURBS) as its geometric modeling algorithm, and use Microsoft Visual Basic .NET and Microsoft Visual C++ as the programming language. The approach of Mixed Language Programming (MLP) offers a couple of benefits: the opportunity to use existing public domain codes (which mostly in C-language) and the option for programmers (who are mostly work in Visual Basic) to use C++ codes.

Pendahuluan

Kebutuhan energi alternatif merupakan isu global untuk mengantisipasi peningkatan pemakaian energi dan menipisnya sumber energi konvensional di seluruh dunia. Beberapa sumber energi baru yang sifatnya dapat diperbaharui banyak dikembangkan orang di berbagai belahan bumi.

Angin adalah salah satu pilihan yang sangat cocok sebagai sumber energi alternatif karena selain murah, mudah didapat, juga tidak akan ada habisnya. Turbin angin adalah alat yang digunakan untuk menangkap energi angin dan mengekstraknya menjadi energi listrik. Berbagai jenis turbin angin dengan bermacam daya diciptakan dan tersebar di berbagai penjuru dunia terutama Eropa dan Amerika, termasuk Indonesia. Beragamnya daya yang dihasilkan dari turbin angin membuat alat ini dapat dipakai untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Besar kecilnya daya yang dihasilkan tergantung dari diameter rotor, yaitu bagian turbin yang berputar. Semakin panjang sudu maka diameter rotor akan semakin besar sehingga dapat menangkap energi yang semakin besar pula.

Sudu mempunyai bentuk yang beraneka macam tergantung dari jenis *airfoil* yang membentuknya. Bentuk sudu yang kompleks dan rumit menyebabkan sulitnya proses desain dan membutuhkan waktu yang sangat lama bila dikerjakan dengan cara konvensional. Teknologi komputer saat ini memungkinkan untuk dilakukannya otomatisasi pembuatan sudu.

Proses pembuatan sudu dengan menggunakan komputer ini, sebenarnya sudah banyak dilakukan oleh para peneliti dan insinyur-insinyur di berbagai belahan dunia. Namun adanya beberapa keterbatasan pada metode yang selama ini digunakan membuat hasil desain sudu ini

menjadi kurang efektif dan efisien dalam proses manufakturnya. Salah satu keterbatasan tersebut adalah adanya standar jarak antar profil *airfoil*, dimana jarak antar profil *airfoil* yang satu dengan yang lainnya berbeda-beda. Standar ini membuat pihak manufaktur harus menggunakan ukuran material yang berbeda-beda untuk masing-masing bagian potongan sudu.

Artikel ini mempresentasikan sebuah perangkat lunak (aplikasi) bantu untuk otomasi perancangan geometri sudu turbin. Sudu dibagi-bagi ke dalam beberapa bagian dengan ketebalan yang konstan dan seragam yang sesuai dengan keinginan pengguna. Aplikasi ini dibuat dengan basis *Non Uniform Rational B-Spline (NURBS)* sebagai dasar algoritma pemodelan geometrinya.

Model Geometri Sudu Turbin

Artikel ini memodelkan sudu turbin sebagai sebuah *solid model* berbasis *Boundary Representation (B-Rep)* model. Fitur terpenting dalam B-Rep model adalah *surface model* yang membentuk geometri sudu turbin. Surface model yang digunakan adalah varian sederhana dari NURBS. Varian yang digunakan adalah integral NURBS. Artikel ini hanya mempresentasikan teori *geometric model* secara sangat singkat. Pembahasan secara rinci mengenai NURBS dapat dibaca pada buku tulisan Farin [1] dan Piegl[3]. Pembahasan teori secara rinci untuk geometri sudu turbin dapat dibaca pada tulisan Toni Prahasto[4,5].

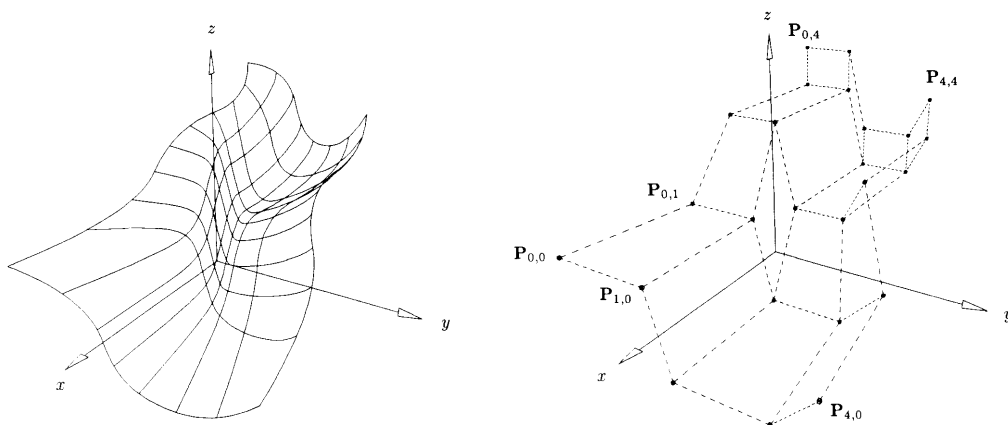
Model NURBS sudu turbin adalah

$$\mathbf{S}(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m R_{i,p;j,q}(u, v) \mathbf{P}_{i,j} \quad \text{dimana} \quad R_{i,p}(u) = \frac{N_{i,p}(u)w_i}{\sum_{j=1}^n N_{j,p}(u)w_j}$$

adalah NURBS basis functions. Varian integral NURBS bercirikan $w_i = 0$ untuk semua indeks i , sehingga NURBS basis functions menjadi lebih sederhana berupa $R_{i,p}(u) = N_{i,p}(u)$, dan surface model sudu turbin menjadi

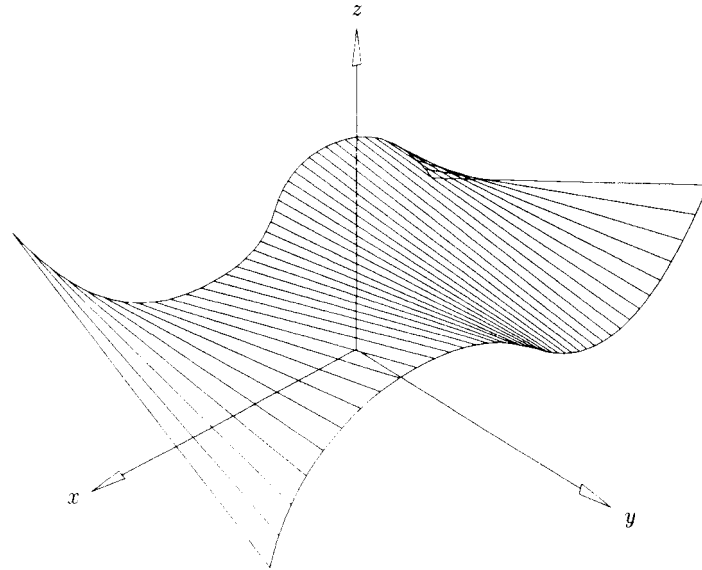
$$\mathbf{S}(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m N_{i,p;j,q}(u, v) \mathbf{P}_{i,j}$$

Gambar 1 memperlihatkan sebuah NURBS surface $\mathbf{S}(u, v)$ di sebelah kiri dan *control point* pembentuknya $\mathbf{P}_{i,j}$ disebelah kanan



Gambar 1. NURBS surface $\mathbf{S}(u, v)$ dan *control point* pembentuknya

Control point $\mathbf{P}_{i,j}$ dihitung berdasarkan proses *lofting*. Gambar 2 memperlihatkan sebuah *lofting* dari dua buah kurva NURBS yang terletak di ujung kiri dan ujung kanan. Hasil *lofting* adalah sebuah NURBS surface



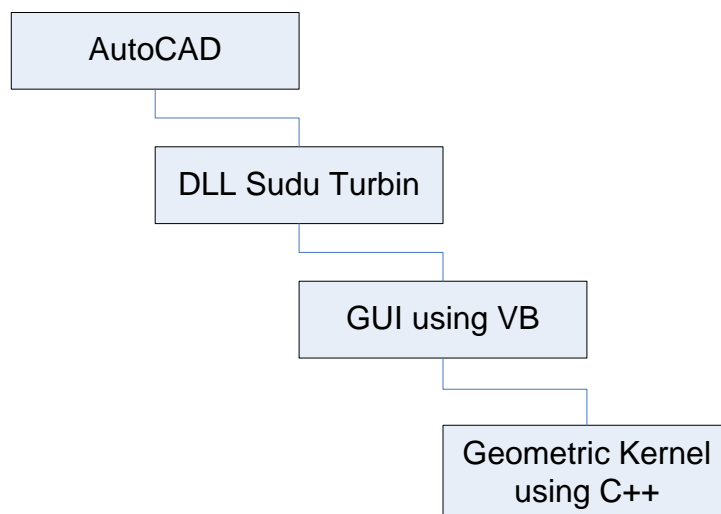
Gambar 2. Lofting Sederhana

Lofting untuk membentuk geometri sudu turbin memerlukan sejumlah kurva NURBS yang masing-masing mewakili sebuah airfoil. Model kurva integral NURBS untuk sebuah airfoil adalah

$$C(u) = \sum_{i=0}^n N_{i,p}(u)P_i$$
 dimana control point P_i dihitung dengan menggunakan pendekatan kuadrat terkecil.

Struktur Software dan Algoritma

Software yang dihasilkan adalah sebuah *Dynamic Link Library* (DLL) untuk AutoCAD. Format library yang digunakan adalah *ObjectARX Application Programming Interface*. Pembuatan software menggunakan pendekatan Mixed Language Programming (MLP). Akses kernel geometri menggunakan C++ dengan style Object-Oriented Programming (OOP) dengan menggunakan class yang diturunkan dari ObjectARX. Programming Graphical User-Interface (GUI) menggunakan Visual Basic. Gambar 3 memperlihatkan struktur kernel yang digunakan.



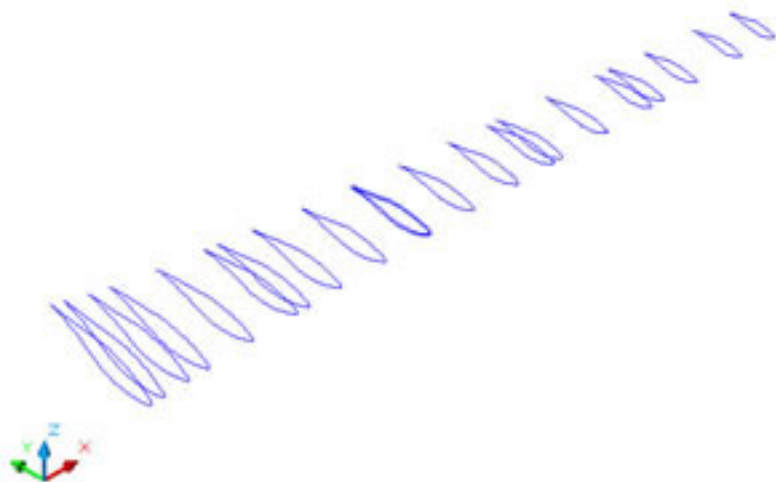
Gambar 3. Struktur Software



Gambar 4. Graphical GUI Software Yang Dibuat

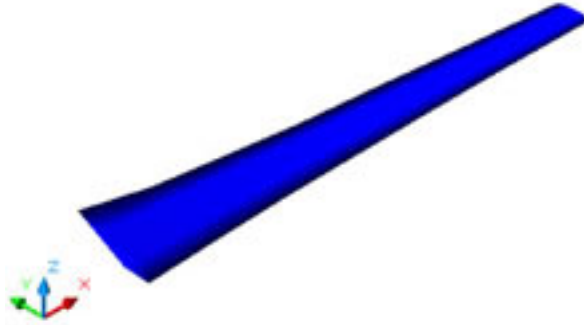
Studi Kasus

Pengujian software dilakukan dengan menggunakan data dari *National Renewable Energy Laboratory (NREL)*. Data yang didapatkan adalah sebuah deskripsi geometri airfoil, dan sebuah deskripsi lofting. NREL mendeskripsikan airfoil sebagai himpunan 87 titik (x_i, y_i, z_i) . NREL mendeskripsikan lofting sebagai $(r_j, s_j, c_j, \theta_j)$ dimana r_j adalah jarak radial dari sumbu turbin, s_j adalah faktor skala, c_j adalah translasi sepanjang chord line, dan θ_j adalah sudut puntir. Keterangan lengkap mengenai deskripsi sudu turbin dapat dilihat pada tulisan Nursyah[2], dan situs NREL. Kerangka yang dihasilkan sebelum lofting dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kerangka Airfoil Sebelum Lofting

Masing-masing airfoil adalah sebuah B-Spline curve dengan control point yang unik. Namun, kesemua B-spline curve pada Gambar 5 memiliki knot vector yang sama. Kesamaan ini diperlukan sebagai prasyarat lofting. Gambar 6 memperlihatkan sudu turbin yang dihasilkan setelah lofting.



Gambar 6. Sudu Turbin Hasil Lofting

Penutup

Artikel ini mempresentasikan hasil kerja kedua penulis untuk membuat alat bantu pembuatan geometri sudu turbin. Alat bantu berupa sebuah DLL untuk AutoCAD, umum dikenal dengan AutoCAD automation. AutoCAD hanya digunakan sebagai tool of visualization. Core processing dilakukan tersendiri dengan memanfaatkan API ObjectARX sebagai akses database AutoCAD. Mixed Language Programming digunakan untuk memisahkan GUI dari geometric programming. GUI dilakukan dengan Visual Basic, sedangkan geometric programming dilakukan dengan C++. Skema MLP seperti ini memungkinkan pemanfaatan *public-domain-codes* ke dalam pembuatan software.

Daftar Pustaka

1. Farin, Gerald; *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design*; San Diego; Academic Press, Inc.; 1993
2. Nursyah F.R. *Tugas Sarjana* berjudul Permodelan Geometri Sudu Dengan Panjang Segmen Konstan Berbasis NURBS, Teknik Mesin Undip, 2006.
3. Piegl, L., and Tiller, W.; *The NURBS Book, Monographs in Visual Communication*; New York; Springer-Verlag; 1997.
4. Toni Prahasto and Sanjeev Bedi. “*Curve Fitting with B-splines*”, GMP Conference, Hongkong, 2000.
5. Toni Prahasto and Sanjeev Bedi. “*Multicurve Simultaneous Airfoil Fitting with B-splines*”, CSME Conference, Hamilton, Canada, 1996.