

PENGGUNAAN TRANSFORMASI WAVELET DALAM SISTEM PENGENALAN ISYARAT TANGAN DENGAN BEBERAPA KOMBINASI PRA PROSES

Regina Lionnie, Iwan Setyawan, Ivanna K. Timotius

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik – UKSW

Jalan Diponegoro 52-60, Salatiga 50711

INTISARI

Isyarat tangan, sebagai salah satu bagian dari bahasa tubuh, dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan mesin. Sebagai alat untuk berkomunikasi, isyarat tangan dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi, contohnya *socially assistive robotics*, mendukung *user interface mouse* dengan komputer, *remote control* dalam permainan nintendo, asisten dari dokter bedah dan juga sebagai robot militer. Dalam penelitian ini, citra isyarat tangan digunakan sebagai representasi kode perintah untuk menjalankan suatu tugas tertentu. Sistem pengenalan isyarat tangan terdiri dari tahap pra proses dan metode Transformasi Wavelet. Pada tulisan ini, dilakukan penelitian untuk mencari kombinasi pra proses yang menghasilkan rata-rata keakuratan terbaik. Pra proses tersebut terdiri dari kombinasi beberapa proses seperti *smoothing filter*, *histogram equalization*, binerisasi, dan/atau desaturasi. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *nearest neighbor* dengan jarak Euclidean. Sedangkan untuk menghitung rata-rata keakuratan digunakan *2-fold cross validation*. Dari hasil eksperimen didapatkan bahwa jenis pra proses yang hanya terdiri dari proses desaturasi memberikan hasil rata-rata keakuratan terbaik, yaitu 78.32%.

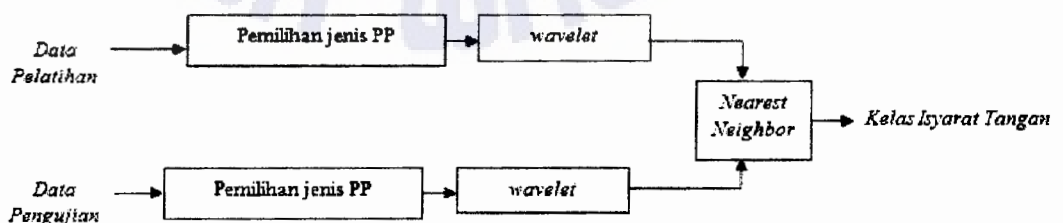
Kata kunci: pengenalan isyarat tangan, transformasi wavelet, *nearest neighbor*, *smoothing filter*, *histogram equalization*, binerisasi, desaturasi

1. PENDAHULUAN

Beberapa orang merasa kesulitan dalam berinteraksi dengan suatu mesin. Contohnya, bagi beberapa orang penggunaan *keyboard* dan *mouse* untuk berinteraksi dengan komputer dianggap sebagai cara berkomunikasi yang cukup sulit. Salah satu usaha yang dilakukan dalam mengadaptasi cara berkomunikasi dengan mesin adalah menggunakan bahasa tubuh [1]. Pada penelitian ini, isyarat tangan, sebagai salah satu bagian dari bahasa tubuh, dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan mesin. Sebagai alat untuk berkomunikasi, isyarat tangan dapat diimplementasikan dalam berbagai aplikasi, contohnya *socially assistive robotics*, *user interface* dengan komputer, *remote control* dalam permainan nintendo, asisten dari dokter bedah dan juga sebagai robot militer [2][3].

Dalam penelitian ini, citra isyarat tangan digunakan sebagai representasi sandi atau kode perintah untuk menjalankan suatu tugas tertentu. Sistem pengenalan dalam tulisan ini mengidentifikasi enam kelas yang berisi kode perintah yang berbeda, yaitu perintah untuk maju, belok kanan, belok kiri, berhenti, mundur dan satu kelas yang berisi variasi isyarat yang tidak termasuk ke dalam lima kelas sebelumnya. Variasi dari isyarat tangan ini mengacu kepada isyarat tangan yang digunakan militer [4] dan jurnal-jurnal penelitian [5][6].

Sistem pengenalan yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari tahap pra proses, tahap ekstraksi fitur dengan menggunakan metode Transformasi Wavelet dan tahap klasifikasi menggunakan metode *nearest neighbor* berdasarkan jarak Euclidean. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kombinasi pra proses dalam penggabungannya dengan transformasi wavelet dan *nearest neighbor*. Pra proses tersebut terdiri dari *smoothing filter*, *histogram equalization*, binerisasi, desaturasi. Blok diagram sistem dapat dilihat pada gambar 1.



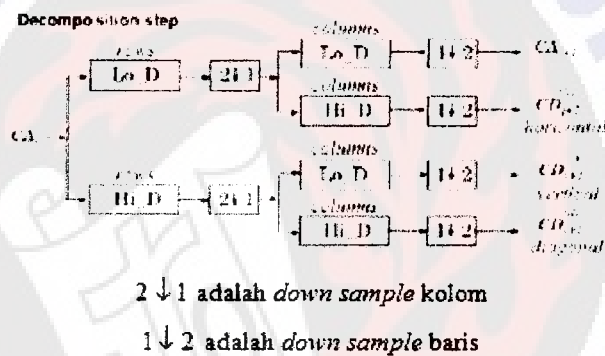
Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pengenalan Isyarat Tangan

2. TRANSFORMASI WAVELET

Dalam tulisan ini, transformasi wavelet akan menghasilkan keluaran berupa koefisien-koefisien yang merupakan fitur dari citra. Transformasi wavelet adalah suatu analisis multi resolusi (AMR) yang dapat merepresentasikan informasi waktu dan frekuensi suatu sinyal dengan baik [7]. AMR adalah suatu transformasi yang dapat memberikan resolusi frekuensi dan waktu di saat yang bersamaan [8].

Transformasi wavelet diskrit (TWD) secara umum merupakan dekomposisi citra pada frekuensi *sub band* citra tersebut yang komponennya dihasilkan dengan cara penurunan level dekomposisi [9].

Gambar 2 berikut adalah gambar dari transformasi wavelet diskrit dua dimensi dengan level dekomposisi satu tingkat.



Gambar 2. Transformasi *Wavelet* Dekomposisi Satu Tingkat [9]

Citra CA_j pertama kali akan ditapis sepanjang baris dengan menggunakan tapis atau *filter lowpass* (Lo_D) dan *highpass* (Hi_D). Selanjutnya, kedua keluaran tersebut akan ditapis sepanjang kolom. hal ini akan menghasilkan sub citra *lowpass* yang ditunjukkan dengan CA_{j+1} dan tiga buah subcitra *highpass* yang masing-masing ditunjukkan dengan $CD(h)_{j+1}$, $CD(v)_{j+1}$ dan $CD(d)_{j+1}$. Subcitra CA_{j+1} merupakan koefisien aproksimasi atau disebut juga *sub band LL*. Sedangkan tiga sub citra lainnya merupakan koefisien detil yang berturut-turut disebut juga *sub band HL*, *LH*, *HH* dan menyatakan detil arah horisontal, vertikal dan diagonal.

Dengan level dekomposisi satu, *sub band* hasil dari dekomposisi dapat didekomposisi lagi karena level dekomposisi wavelet bernilai dari 1 sampai n atau

disebut juga transformasi wavelet multi level [9]. Jika dilakukan dekomposisi lagi, maka *sub band* LL yang akan didekomposisi karena *sub band* LL berisi sebagian besar dari informasi citra [10].

Bila matriks citra asli A dengan $m \times n$ piksel didekomposisi menjadi empat *sub band* sesuai frekuensinya yakni LL, LH, HL, dan HH dengan menggunakan transformasi wavelet dengan transformasi Haar orde 1, secara matematis dekomposisi satu tingkat dihasilkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [11].

$$T = HAH^T \quad (3)$$

dengan

T = matriks persegi hasil transformasi Haar

A = matriks persegi nilai piksel citra masukan

H = matriks persegi transformasi Haar

Untuk transformasi Haar, matriks H mengandung fungsi basis Haar yaitu $h_k(z)$, didefinisikan dalam interval tertutup $z \in [0,1]$ untuk $k = 0,1,2,\dots,N-1$, dengan $N = 2^n$.

Didefinisikan $k = 2^p + q - 1$ dengan syarat $0 \leq p \leq n - 1$ dan $q = 0$ atau 1 serta $1 \leq q \leq 2^p$ untuk $p \neq 0$, sehingga

$$h_0(z) = h_{00}(z) = \frac{1}{\sqrt{N}}, z \in [0,1] \quad (4)$$

$$h_k(z) = h_{pq}(z) = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{cases} 2^{p/2} & \frac{q-1}{2^p} \leq z < (q-0.5)/2^p \\ -2^{p/2} & (q-0.5)/2^p \leq z < q/2^p \\ 0 & \text{otherwise, } z \in [0,1] \end{cases} \quad (5)$$

$h_k(z)$ = fungsi basis haar untuk baris ke $k+1$

$h_0(z)$ = fungsi basis haar untuk baris pertama

p = urutan kolom untuk matriks H

q = urutan baris untuk matriks H

Contohnya, jika $N = 2$, matriks persegi dari transformasi Haar menjadi

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

3. PRA PROSES

Pra proses adalah proses yang dilakukan untuk menyiapkan data sebelum dilanjutkan menuju proses berikutnya, dalam penelitian ini proses berikutnya adalah ekstraksi fitur dengan transformasi wavelet. Pra proses pada penelitian ini terdiri dari kombinasi beberapa proses berikut ini.

3.1 *Smoothing Filter*

Smoothing filter bertujuan menghasilkan keluaran berupa citra RGB yang diperhalus. *Smoothing filter* dilakukan pada masing-masing lapisan (*layer*) pada citra. Pada penelitian ini digunakan *averaging filter* dengan ukuran 3×3 .

3.2 *Histogram Equalization*

Proses *histogram equalization* pada suatu citra keabuan bertujuan untuk meratakan distribusi nilai piksel sehingga kontras dari sebuah citra dapat diperbaiki [12]. Proses *histogram equalization* ditunjukkan dalam persamaan (6). Proses ekualisasi ini memanfaatkan *cumulative distribution function* (CDF) dari nilai piksel pada sebuah citra yang dapat dilihat pada persamaan (7) [11].

$$s_k = T(r_k) = \text{round} \left(\frac{C(r_k) - 1}{n - 1} \times L \right) \quad (6)$$

dengan

s_k = tingkat keabuan sebuah citra setelah ekualisasi

r_k = tingkat keabuan sebuah citra

$T(r_k)$ = transformasi dari ekualisasi

$C(r_k)$ = CDF dari r_k

n = jumlah piksel dari sebuah citra

L = rentang nilai tingkat keabuan

$$C(r_k) = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n} \quad (7)$$

$$k = 0, 1, 2, \dots, L-1$$

n_j = jumlah piksel dengan tingkat keabuan r_k

Karena *histogram equalization* dapat meningkatkan kontras dari sebuah citra, proses ini dapat menunjukkan lebih banyak detail dalam sebuah citra dan berpotensi membantu dalam proses klasifikasi.

3.3 Binerisasi pada *Color Space HSI*

Color space hue, saturation, intensity (HSI) dipakai karena *color space* ini sesuai dalam mendeskripsikan warna dan memodelkan warna kulit. *Hue* merupakan panjang gelombang yang dominan dalam suatu campuran cahaya. *Saturation* menunjukkan banyaknya cahaya putih yang tercampur dengan suatu *hue* dan direpresentasikan oleh vektor pada titik potong sumbu vertikal dengan bidang warna ke titik warna tersebut. *Intensity* adalah seberapa terang cahaya tersebut dan direpresentasikan sebagai sumbu vertikal sebuah bidang [11]. Setelah citra diubah dalam *color space* HSI, citra akan diubah menjadi citra biner atau hitam putih. Daerah citra yang terdeteksi sebagai warna kulit kemudian diubah menjadi warna putih dan daerah citra yang terdeteksi sebagai warna bukan kulit diubah menjadi warna hitam (citra biner). Pada penelitian ini, batas yang digunakan untuk mendeteksi warna kulit adalah *hue* < 43 dan *saturation* > 0.

3.4 Desaturasi

Desaturasi adalah proses mengubah citra berwarna menjadi citra *gray scale*. Pada tulisan ini, proses desaturasi akan menghilangkan pengaruh dari warna ke dalam sistem pengenalan isyarat tangan.

4. KLASIFIKASI DENGAN *NEAREST NEIGHBOR*

Nearest neighbor adalah metode klasifikasi yang memilih objek latih yang memiliki sifat ketetanggaan (*neighborhood*) yang paling dekat terhadap objek yang diuji [13]. Pada tulisan ini, klasifikasi *nearest neighbor* menggunakan jarak

Euclidean. Klasifikasi dengan *nearest neighbor* bertujuan untuk memilih citra pelatihan dengan jarak terkecil terhadap citra yang diuji.

5. PENELITIAN

5.1 Pembentukan *Data Base*

Data yang digunakan dalam tulisan ini berupa data citra atau gambar berukuran 320×240 piksel yang diperoleh dari sebuah *web camera* yang disambungkan pada *port* USB komputer. Data ini kemudian akan diperkecil ukurannya menjadi 64×48 piksel.

Pembuatan *data base* diperoleh dari 30 orang responden dan setiap responden akan diambil gambar isyarat tangan sebanyak 48 kali yaitu untuk 6 kelas klasifikasi, 8 variasi sudut dan 1 jenis latar belakang, yaitu latar belakang *uniform* berwarna putih. Pembuatan *data base* juga dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang cukup. Total citra pada *data base* untuk tulisan ini adalah 30 responden×48 variasi = 1440 citra. Masing-masing citra memiliki 64×48 piksel. Jumlah piksel citra inilah yang pada sistem pengenalan isyarat tangan dikenal dengan istilah dimensi, dengan jumlah dimensi total pada data pelatihan dan data pengujian adalah sebanyak 3072 dimensi.

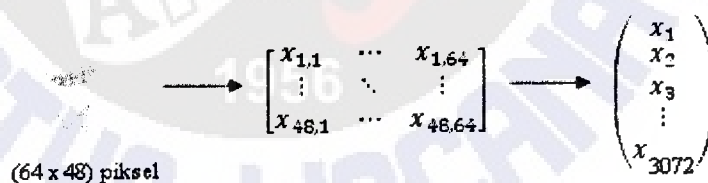
Contoh gambar isyarat tangan dan variasinya yang akan digunakan dalam perbandingan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kelas-Kelas dalam Pengklasifikasian

Gambar 3(a) akan memberikan kode isyarat untuk bergerak maju, (b) untuk belok kanan, (c) untuk belok kiri, (d) untuk berhenti, (e) untuk mundur, (f) bukan termasuk 5 kelas sebelumnya.

Untuk dapat digunakan di dalam sistem pengenalan isyarat tangan, setelah melalui tahap pra proses, citra di dalam *data base*, yang berukuran 64×48 piksel, pertama-tama diubah menjadi vektor kolom dengan dimensi 3072.



Gambar 4. Proses Pembentukan Citra Berukuran $m \times n$ piksel Menjadi Vektor Kolom

Setelah pembentukan vektor kolom untuk masing-masing citra, kemudian dibentuk matriks besar yang anggotanya merupakan semua vektor kolom dari citra yang ada di *data base*.

$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{d1} \end{pmatrix} \dots \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{dn} \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{d1} & x_{d2} & \dots & x_{dn} \end{bmatrix}$$

x_{d1} = elemen terakhir vektor kolom citra pertama

x_{d2} = elemen terakhir vektor kolom citra kedua

Gambar 5. Pembentukan Vektor Kolom menjadi Matriks *Data Base*

5.2 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam tulisan ini memiliki dua bagian utama, yang pertama adalah pra proses dan yang kedua adalah metode ekstraksi fitur dengan transformasi wavelet. Dalam penelitian ini terdapat 5 jenis kombinasi pra proses (PP). Tabel 1 berikut ini memperlihatkan perbedaan 5 jenis kombinasi pra proses.

Tabel 1. Perbedaan 5 Jenis Kombinasi Pra Proses

	<i>filtering dengan smoothing filter</i>	<i>histogram equalization</i>	RGB to HSI	binerisasi/desaturasi
PP1	√	√	√	binerisasi
PP2	-	√	√	binerisasi
PP3	√	-	√	binerisasi
PP4	-	-	√	binerisasi
PP5	-	-	-	desaturasi

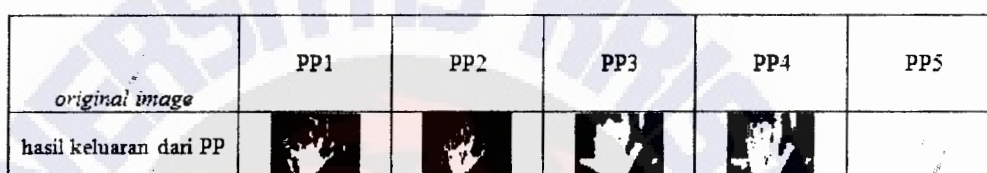
Eksperimen dalam penelitian ini menggunakan *cross validation* untuk menghitung rata-rata keakuratan sistem. *Cross validation* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui rata-rata keberhasilan dari suatu sistem dengan cara melakukan perulangan (*run*) dengan mengacak variabel *input* sehingga sistem tersebut teruji untuk beberapa variabel *input* yang acak [14]. *Cross validation* diawali dengan mengacak *data base* dan membagi *data base* sejumlah *fold* yang diinginkan. Pada penelitian ini dipakai *2-fold cross validation* dengan pembagian 100% *data base* menjadi 50% untuk data pelatihan dan 50% untuk data pengujian. Kemudian setelah sistem ini dijalankan, kedua data ditukar (data pelatihan dan data pengujian), sehingga untuk *1-run cross validation* masing-masing data mengalami

proses sebagai data pelatihan dan data pengujian. Pada sistem pengenalan ini, digunakan *random* data pelatihan / pengujian sebanyak 10 *run*.

Dalam penelitian ini, digunakan hanya *sub band* LL dengan level dekomposisi 2 tingkat (*sub band* LL2) dalam klasifikasi dengan *nearest neighbor* karena *sub band* LL2 ini yang mengandung sebagian besar informasi dari citra [10].

6. HASIL PENELITIAN

Gambar 6 berikut memperlihatkan contoh hasil keluaran dari berbagai jenis pra proses sebelum lanjut ke dalam metode transformasi wavelet.



Gambar 6. Contoh Hasil Keluaran dari Pra Proses

Tabel 2 berikut ini memperlihatkan hasil penelitian untuk 5 jenis kombinasi pra proses dengan metode transformasi wavelet.

Tabel 2. Rata-Rata Keakuratan dan Standar Deviasi dari Berbagai Jenis PP dengan Metode Transformasi Wavelet

<i>run</i>	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5
1	67.99	70.35	69.93	70.42	77.64
2	68.75	67.50	70.28	71.88	77.99
3	68.47	68.96	70.07	69.86	78.54
4	69.44	66.74	71.32	70.21	77.71
5	70.07	67.78	71.39	70.69	79.38
6	68.54	67.08	70.63	70.49	78.19
7	68.54	68.26	72.36	69.24	78.54
8	68.68	68.06	71.04	70.42	78.68
9	67.85	67.50	69.10	70.49	77.99
10	68.54	67.57	71.74	70.14	78.54
rata-rata*	68.69	67.98	70.78	70.38	78.32
SD**	0.65	1.04	0.97	0.67	0.52

* rata-rata dalam persen

** SD adalah standar deviasi, juga dalam persen

7. ANALISIS HASIL PENELITIAN

Hasil yang didapat dari penelitian menunjukkan bahwa variasi pra proses memberikan rata-rata keakuratan yang berbeda-beda. Hasil rata-rata keakuratan terbaik didapat dari pra proses kelima (PP5) yang hanya melalui tahap desaturasi, yaitu 78,32% dengan standar deviasi 0,52%.

Sistem pengenalan yang melalui tahap *histrogram equalization* sebagai salah satu langkah pra proses, yaitu PP1 dan PP2 menghasilkan rata-rata keakuratan lebih rendah dibandingkan yang tidak melalui tahap tersebut (PP3 dan PP4). Hal ini dikarenakan proses *histrogram equalization* selain meningkatkan detil pada daerah tangan juga meningkatkan detil pada latar belakang putih sehingga menimbulkan tekstur palsu (dapat dilihat pada Gambar 6) dan mengganggu proses selanjutnya (terutama dalam proses klasifikasi) dan menurunkan rata-rata keakuratan.

Adanya tahap *smoothing filter* dalam pra proses meningkatkan rata-rata keakuratan (PP1 terhadap PP2 dan PP3 terhadap PP4). Hal ini dikarenakan *smoothing filter* dapat membantu mengurangi derau latar belakang yang akan menurunkan rata-rata keakuratan.

8. KESIMPULAN

Variasi pra proses dalam tulisan ini memberikan hasil rata-rata keakuratan yang berbeda-beda. Rata-rata keakuratan terbaik diperoleh dari jenis pra proses kelima (desaturasi), yaitu 78,32% dengan standar deviasi 0,52% dengan menggunakan metode transformasi wavelet sebagai penghasil koefisien yang merupakan fitur citra.

DAFTAR PUSTAKA

1. S. Nilesen, L. Anton-Canalis, M. Hernandez-Tejera, "Hand Gesture Recognition for Human-Machine Intelligence", *Journal of International Conferences in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision*, vol.12 no 1-3, 2004.
2. Hand Gesture. [Online]. http://en.wikipedia.org/wiki/Gesture_recognition.

11110005

3. P. Kypson and W. R. Chitwood Jr. "**Robotic Applications in Cardiac Surgery**", in *Proc. International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 1 no 2, 2004.
4. **Visual Signals, Field Manual (FM 21/60)**, Department of The Army, Washington, DC, 1987.
5. J. Triesch and C. von der Malsburg, "**A Gesture Interface for Human-Robot-Interaction**", in *Proc. 3rd International Conference on Face & Gesture Recognition*, 14-16 April 1998, Japan.
6. Stern, "**Parameter Calibration for Reconfiguration of Hand Gesture Tele-Robotic Control System**", in *Proc. Japan – USA Symposium on Flexible Automation*, 19-21 July 2004, Colorado.
7. Wavelet. [Online]. <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Master-13567-Chapter1-433499.pdf>
8. Wavelet. [Online]. id.wikipedia.org/wiki/Wavelet.
9. Novamizanti, Ledy, "**Identifikasi Pola Iris Mata Menggunakan Dekomposisi Transformasi Wavelet dan Levenshtein Distance**", IT Telkom, 2009.
10. Saksono, Hanung Tyas, Achmad Rizal dan Koredianto Usman, "**Pendeteksian Kanker Paru-Paru dengan Menggunakan Transformasi Wavelet dan Metode Linear Discriminant Analysis**", Fakultas Elektro dan Komunikasi, ITT Bandung, *Jurnal Teknologi Elektro Vol. 9 No. 1 Januari-Juni 2010*.
11. R. C. Gonzales and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd edition, Prentice Hall, 2002.
12. H. Yoon, Y. Han and H. Hahn, "**Image Contrast Enhancement based Sub-histogram Equalization Technique without Over-equalization Noise**", *World Academy of Science, Engineering and Technology* 50, 2009.
13. D. S. Dhaliwal, P.S. Sandhu, S. N. Panda, "**Enhanced K-Nearest Neighbor Algorithm**", *World Academy of Science, Engineering and Technology* 73, 2011.
14. Cross Validation. [Online]. [http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-validation_\(statistics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Cross-validation_(statistics))

