

## ALGORITMA FILTER KALMAN UNTUK MENGHALUSKAN DATA PENGUKURAN

(Algorithm of Kalman Filter for Smoothing Measurement Data)

Rudiyanto, Budi I. Setiawan dan Satyanto K. Saptomo

### ABSTRACT

The objective of this paper is to apply a simple algorithm of Kalman Filter, which is known as noise data filtering. The computer program was written in Macro Visual Basic in MS Excel. Testings were carried out on available temperature, water level and force data and then were compared with the moving average method. The result shows that the algorithm performed better and lesser deviation than the moving average.

**Key words:** Kalman Filter, measurement data, computer program

Diterima: 30 Oktober 2006; Disetujui: 14 Nopember 2006

### PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya sistem digital, akuisisi data dapat dilakukan dengan mudah dan cepat serta dilakukan dengan menggunakan seperangkat instrumen seperti sensor, antarmuka (*interface*) dan komputer. Dalam pengukuran dan akuisisi data terdapat unsur ketidakpastian yang tidak dapat dihindari dan mempengaruhi hasil pengukuran. Sehingga, hasil pengukuran yang tampak pada alat ukur bukan nilai yang tepat. Ketidakpastian sering disebabkan gangguan (*noise*) maupun keterbatasan resolusi alat ukur. Akibatnya, nilai yang terukur berbau dengan gangguan, sebagaimana terjadi pada pengukuran suhu (Mubarak, 2003), gaya (Intara, 2004), level air (Ardiansyah, 2004 dan Rudiyanto et al., 2006), dan torsi (Lisyanto, et al., 2006).

Tulisan ini bertujuan untuk membuat

program komputer algoritma Filter Kalman dengan menggunakan Macro Visual Basic pada MS Excel.

### FILTER KALMAN

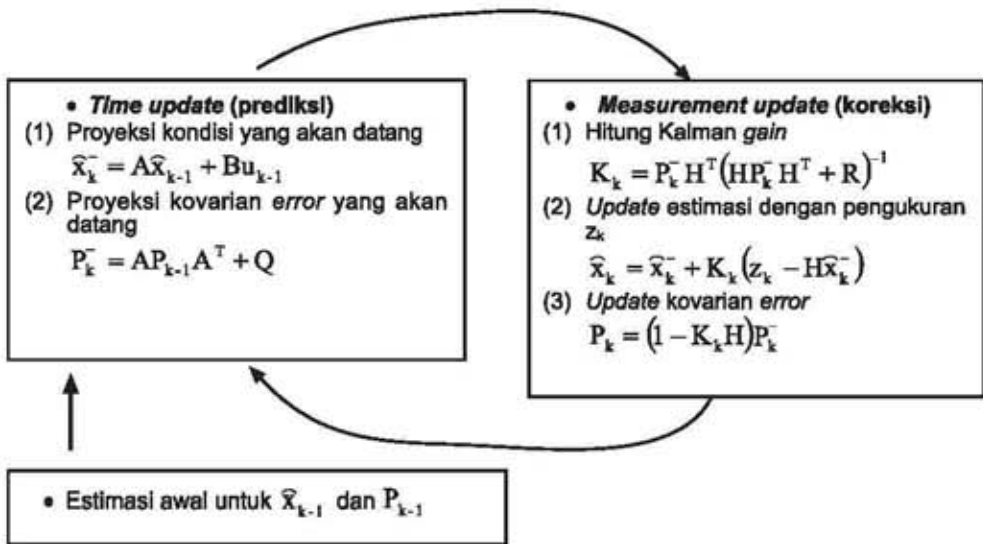
Filter Kalman dikenalkan oleh R. E. Kalman pada 1960 pada makalah yang sangat terkenal yang menjelaskan solusi rekursif pada masalah filter diskrit data linear. Dalam perkembangannya, Filter Kalman telah menjadi subjek utama pada berbagai riset tentang navigasi. Berbagai makalah yang mengulas tentang Filter Kalman banyak dijumpai (Sorenson, 1970; Gelb, 1974; Maybeck, 1979; Lewis, 1986; Brown, 1992; Grewal and Andrews, 1993; Jacobs, 1993; dan Welch and Bishop, 2004).

Secara skematik, prosedur operasi Filter Kalman disajikan pada Gambar 1

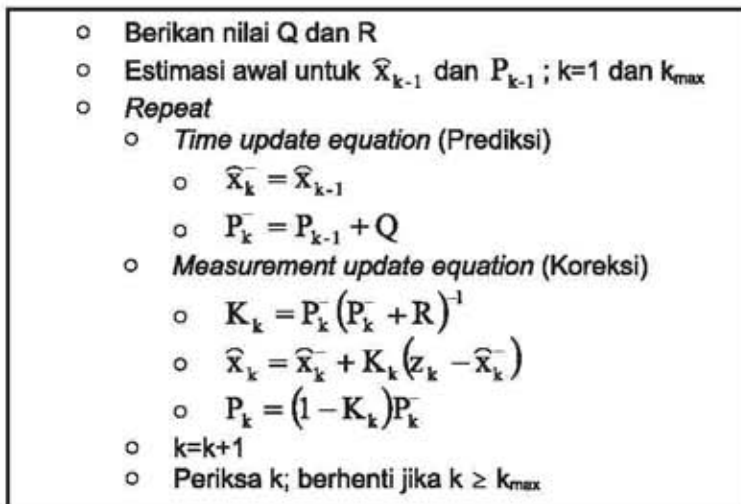
berikut. Dimana Q adalah kovarian gangguan pada proses, R adalah kovarian untuk gangguan pengukuran,  $(z_k - H\hat{x}_k^-)$  adalah residual pengukuran dan K adalah penguatan.

**PROGRAM KOMPUTER**

Algoritma Filter Kalman disajikan pada Gambar 2. Pada algoritma tersebut terdapat 2 buah parameter yaitu Q. Pemrograman komputer Filter Kalman ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman Macro Visual Basic pada MS Excel<sup>1</sup>.



Gambar 1. Operasi Filter Kalman (Welch and Bishop, 2004).



Gambar 2. Algoritma Filter Kalman (Rudiyanto, 2006).

<sup>1</sup> Program komputer Filter Kalman ini dapat diperoleh dengan menghubungi penulis pertama melalui email

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

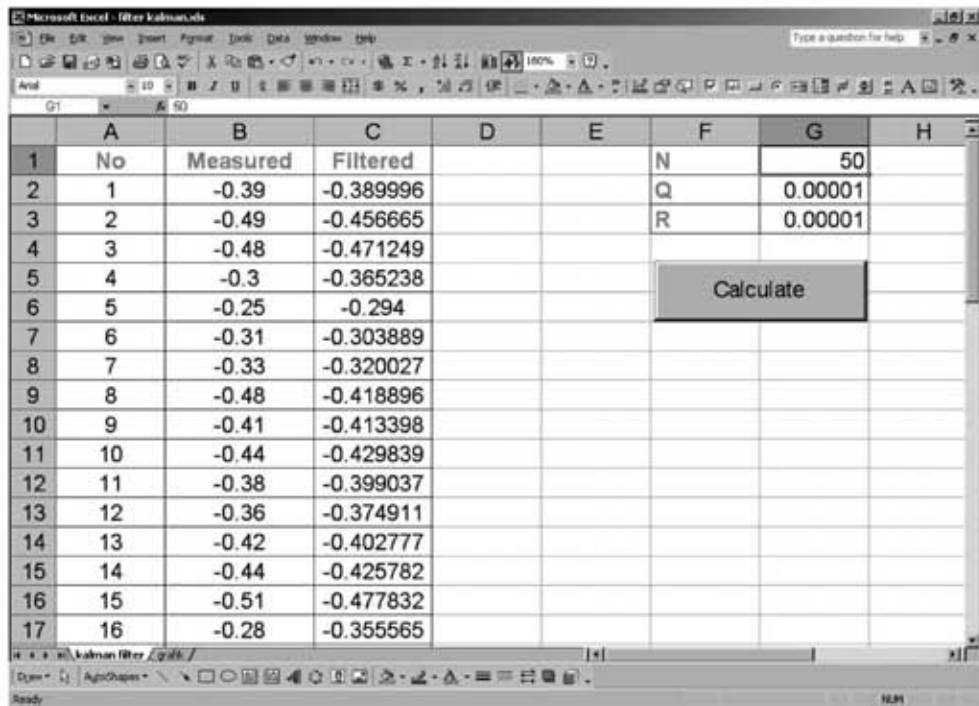
Gambar 3 menunjukkan form program Filter Kalman yang ditulis pada MS Excel. Pada program tersebut terdapat 3 kolom yaitu 1) Kolom **No** yang berupa nomor data atau waktu, 2) Kolom **Measured** yang merupakan kolom data pengukuran dan 3) Kolom **Filtered** yang merupakan hasil operasi Filter Kalman. Selain itu pengguna harus memberi input lain berupa **N**, **Q** dan **R** yang masing-masing adalah jumlah data, kovarian gangguan pada proses dan kovarian gangguan pada pengukuran. Tombol **Calculate** berfungsi untuk proses Filter Kalman setelah kolom **No** dan **Measured** serta nilai **N**, **Q** dan **R** diberikan. Hasil akan ditampilkan pada kolom **Filtered**.

Penentuan nilai **Q** mengacu pada Welch and Bishop (2004), bahwa nilai **Q** diberikan nilai yang sangat kecil tetapi bukan 0 dan pada makalah ini diberi nilai sebesar 0.00001. Nilai **R** dapat ditentukan

secara *trial error* (Welch and Bishop, 2004), maupun menggunakan teknik optimisasi *least square error* pada data *steady* (Rudiyanto, 2006). Welch and Bishop (2004) menyatakan bahwa semakin kecil nilai **R**, hasil Filter Kalman semakin cepat mengikuti gangguan data, dan sebaliknya.

Penggunaan Filter Kalman dilakukan pada 3 buah data digital, yaitu data pengukuran suhu lingkungan budidaya ulat sutera (Mubarak, 2003); pengukuran gaya spesifik pemotongan parenkhim pelepah kelapa sawit dalam keadaan quasi statik (Intara, 2004) dan pengukuran level air pada sistem resirkulasi akuakultur (Rudiyanto, 2006). Untuk mengetahui kinerja Filter Kalman dilakukan perbandingan dengan rata-rata berjalan (*moving average*).

Gambar 4 menunjukkan perbandingan hasil Filter Kalman dan *moving average* pada data pengukuran suhu lingkungan budidaya ulat sutera. Nilai parameter **R**



Gambar 3. Form program Filter Kalman pada MS Excel.

pada Filter Kalman diberikan sebesar 0.001 sedangkan pada *moving average* digunakan per-3 data. Secara visual terlihat bahwa Filter Kalman memberikan hasil yang lebih halus dibandingkan *moving average*.

Hasil Filter Kalman dengan R sebesar 0.001 dan *moving average* per-5 data pada data pengukuran gaya spesifik pemotongan perinkim pelepah kelapa sawit dalam keadaan quasi statik ditunjukkan pada Gambar 5. Seperti halnya pada data pengukuran suhu, Filter Kalman memberikan hasil yang lebih halus dibanding *moving average* dan mampu mengikuti *trend* atau kecenderungan data baik pada saat data menurun maupun menaik.

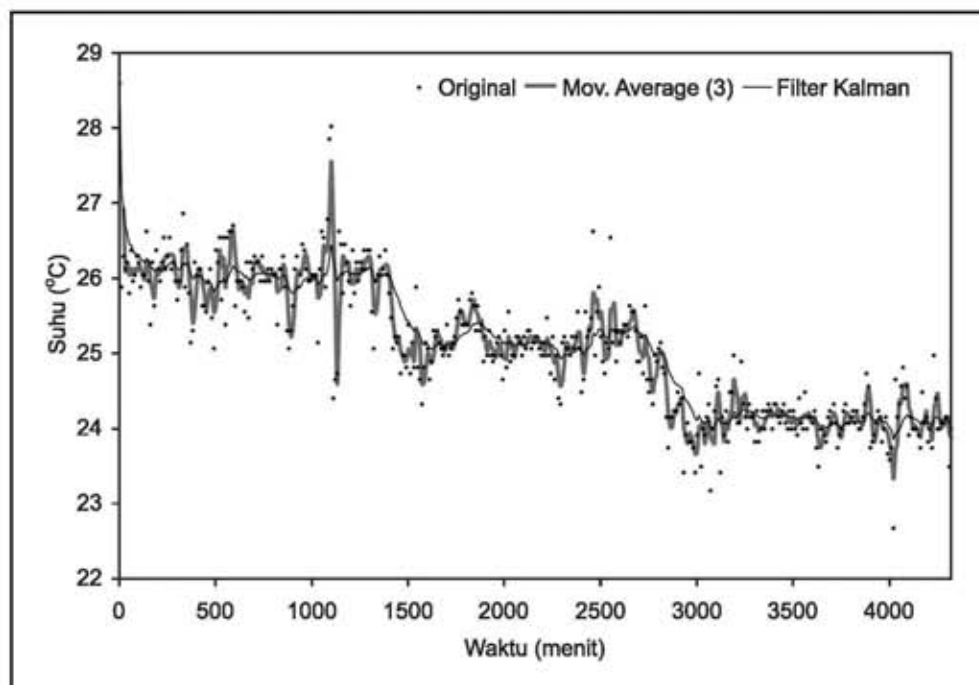
Hal yang sama juga terjadi pada data pengukuran level air pada sistem resirkulasi akuakultur yang ditunjukkan pada Gambar 6, dimana nilai R pada Filter Kalman diberikan nilai sebesar 0.00077 dan *moving average* per-2 data.

Dengan hasil yang lebih halus menunjukkan bahwa Filter Kalman dapat dengan baik mengurangi gangguan dibandingkan *moving average*.

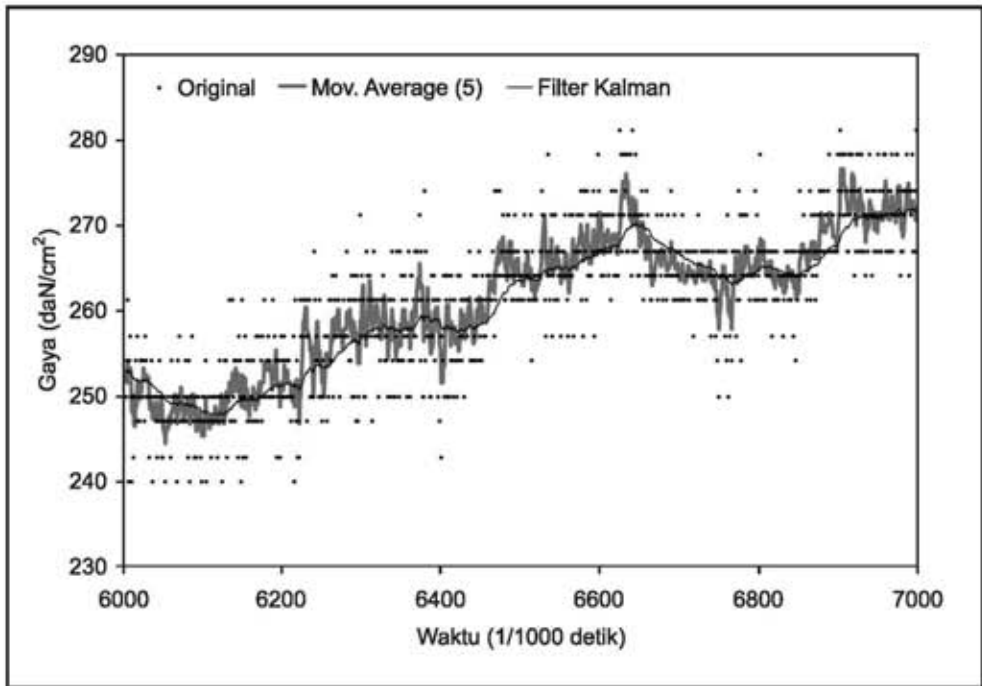
Program Filter Kalman yang telah dikembangkan masih dilakukan secara *offline* dan untuk besaran data tunggal. Sehingga masih perlu dikembangkan untuk program Filter Kalman secara *online* dengan data pengukuran dan untuk besaran jamak.

## KESIMPULAN

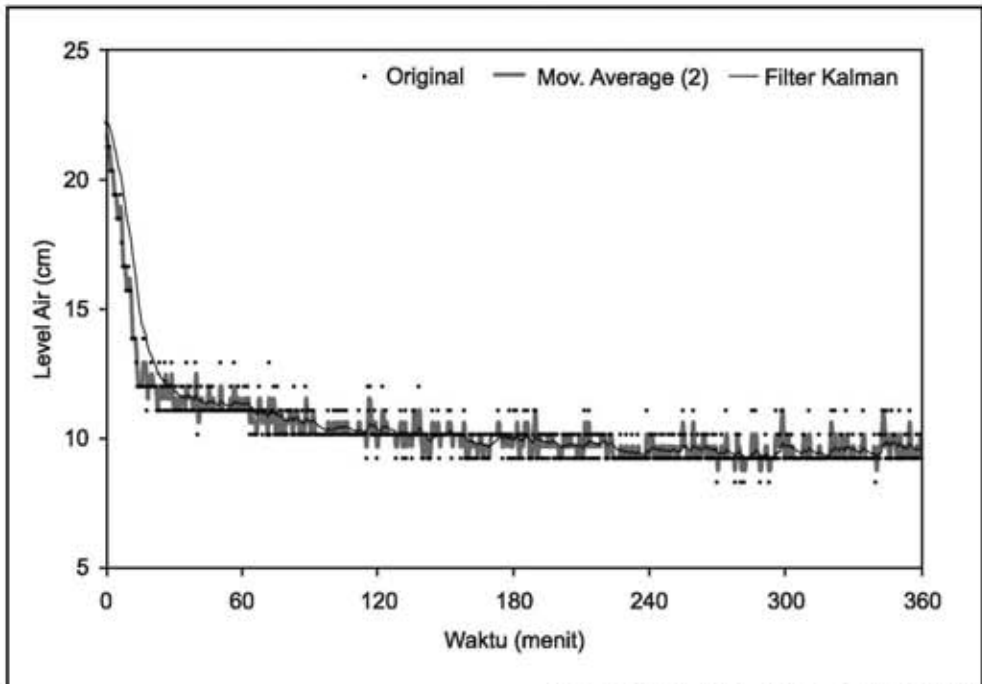
Program filter Kalman dengan Macro Visual Basic pada MS Excel telah berhasil dibuat. Hasil uji coba terhadap data pengukuran suhu, gaya dan level air menunjukkan bahwa Filter Kalman mampu dengan baik mereduksi gangguan data dibandingkan *moving average*.



Gambar 4. Perbandingan hasil Filter Kalman dan *moving average* pada data suhu lingkungan budidaya ulat sutera.



Gambar 5. Perbandingan hasil Filter Kalman dan moving average pada data gaya spesifik pemotongan parenkhim pelepah kelapa sawit dalam keadaan quasi statik.



Gambar 6. Perbandingan hasil Filter Kalman dan moving average pada data level Filtrasi Terkendali Pada Sistem Resirkulasi Biokultur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah. 2004. *Pemodelan Sistem Filtrasi Terkendali Pada Sistem Resirkulasi Pembenuhan Ikan*. Tesis. Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Brown, R. G. and P. Y. C. Hwang. 1992. *Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, Second Edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Gelb, A. 1974. *Applied Optimal Estimation*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Grewal, M. S., and A. P. Andrews. 1993. *Kalman Filtering Theory and Practice*. Upper Saddle River, NJ USA, Prentice Hall.
- Intara, Y. I. 2004. *Analisis Gaya Spesifik Pemotongan Parenkhim Pelepah dan Batang Tandon Sawit (Elais guanensis juck)*. Thesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Jacobs, O. L. R. 1993. *Introduction to Control Theory, 2nd Edition*. Oxford University Press.
- Kalman, R. E. 1960. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems. *Transaction of the ASME—Journal of Basic Engineering*, pp. 35-45 (March 1960).
- Lewis, R. 1986. *Optimal Estimation with an Introduction to Stochastic Control Theory*. John Wiley & Sons, Inc.
- Lisyanto, E.N. Sembiring, dan M.S. Anas. 2006. Pengembangan Bak Uji Untuk Media Pembelajaran dalam Pengukuran Torsi Roda Traksi. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. Vol. 20, No. 1 April 2006.
- Maybeck, P. S. 1979. *Stochastic Models, Estimation, and Control, Volume 1*. Academic Press, Inc.
- Mubarak, Z. 2003. *Rancang Bangun Model Ruang Pembudidayaan Ulat Sutera (Bombyx mori L) dengan suhu terkendali*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rudiyanto, B.I. Setiawan, and S.K. Saptomo. 2006. *Water Balance Analysis of Controlled Water Recirculation System for Aquaculture*. *Proceeding. International Symposium on Sustainable Agriculture in Asia*. 18~21 September 2006. Bogor.
- Rudiyanto. 2006. *Pemodelan Hidrolika Sistem Resirkulasi Akuakultur Terkendali*. Thesis. Sekolah Pascasarjana IPB. Bogor.
- Sorenson, H. W. 1970. Least-Squares Estimation: from Gauss to Kalman. *IEEE Spectrum*, vol. 7, pp. 63-68, July 1970.
- Welch G. and G. Bishop. 2004. *An Introduction to the Kalman Filter*. Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill. Chapel Hill, NC 27599-3175.