

**ANALISIS GRAFIK PENGENDALI NONPARAMETRIK  
DENGAN ESTIMASI FUNGSI DENSITAS KERNEL PADA  
KASUS WAKTU PELOROTAN BATIK TULIS**



**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Hana Hayati**

**J2E 009 38**

**JURUSAN STATISTIKA  
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2013**

**ANALISIS GRAFIK PENGENDALI NONPARAMETRIK DENGAN  
ESTIMASI FUNGSI DENSITAS KERNEL PADA KASUS WAKTU  
PELOROTAN BATIK TULIS**

**Hana Hayati**

**J2E 009 038**

**Skripsi**

Diajukan Sebagai Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Pada Jurusan Statistika

**JURUSAN STATISTIKA  
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2013**

## HALAMAN PENGESAHAN I

Judul : Analisis Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi Fungsi  
Densitas Kernel pada Kasus Waktu Pelorotan Batik Tulis

Nama : Hana Hayati

NIM : J2E009038

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 19 Desember 2013 dan dinyatakan lulus pada tanggal 24 Desember 2013.

Semarang, Desember 2013

Mengetahui  
Ketua Jurusan Statistika  
FSM Universitas Diponegoro



Dra. Dwi Ispriyanti, M.Si  
NIP. 195709141986032001

Panitia Penguji Ujian Tugas akhir  
Ketua

Drs. Sudarno, M.Si  
NIP. 196407091992011001

## HALAMAN PENGESAHAN II

Judul : Analisis Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi Fungsi  
Densitas Kernel pada Kasus Waktu Pelorotan Batik Tulis

Nama : Hana Hayati

NIM : J2E009038

Telah diujikan pada sidang Tugas Akhir tanggal 19 Desember 2013.

Semarang, Desember 2013

Dosen Pembimbing I



**Drs. Rukun Santoso, M.Si.**  
NIP. 1965 02 25 1992 01 1 001

Dosen Pembimbing II



**Drs. Agus Rusgiyanto, M.Si.**  
NIP. 1964 08 13 1990 01 1 001

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, berkah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Grafik pengendali Nonparametrik dengan Estimasi Fungsi Densitas Kernel ”. Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan kepada suri tauladan kita, Nabi besar Muhammad SAW.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang. Tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penulis tidak akan mampu menyelesaikan laporan ini. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dra. Dwi Ispriyanti, M.Si selaku Ketua Jurusan Statistika Fakultas Sains dan Matematika Universitas
2. Bapak Rukun Santoso, M.Si. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Drs. Agus Rusgiyono, M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing penulis hingga laporan ini selesai
3. Seluruh Dosen Statistika Universitas Diponegoro
4. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa pembuatan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Penulis berharap Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Desember 2013

Penulis

## ABSTRAK

Kualitas hasil produksi menjadi salah satu faktor dasar keputusan konsumen dalam memilih sebuah produk. Sebuah perusahaan memerlukan pengendalian kualitas untuk mempertahankan konsistensi kualitas dari hasil produksi. Salah satu alat yang dapat digunakan dalam pengendalian kualitas adalah grafik pengendali. Apabila data yang diperoleh tidak mempunyai asumsi distribusi tertentu, perlu digunakan grafik pengendali nonparametrik sebagai solusinya. Salah satu cara menggambarkan grafik pengendali adalah dengan estimasi densitas kernel. Hal yang terpenting dalam estimasi densitas kernel adalah pemilihan *bandwidth* yang optimal dan salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Least Squares Cross Validation*. Dalam penelitian ini, akan digambarkan grafik pengendali nonparametrik untuk data waktu pelorotan batik di Kecamatan Kedungwuni, Kabupaten Pekalongan dengan menggunakan estimasi densitas kernel Rectangular, Triangular, Biweight, dan Epanechnikov. Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan R.2.14, diperoleh hasil bahwa dari empat kernel yang digunakan, grafik pengendali yang dihasilkan oleh densitas kernel Rectangular adalah grafik yang mempunyai nilai varian paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa grafik pengendali tersebut adalah grafik yang paling lebar diantara yang lain. Sedangkan grafik pengendali berdasarkan estimasi densitas kernel Epanechnikov adalah grafik yang mempunyai nilai varian paling kecil. Hal ini menunjukkan bahwa grafik pengendali tersebut adalah grafik yang paling sempit diantara yang lain.

**Kata kunci:** pengendalian kualitas, grafik pengendali, nonparametrik, estimasi densitas kernel, *Bandwidth*, *Least Squares Cross Validation*

## ABSTRACT

The quality of the product becomes one of the basic factors in the decisions of consumers in selecting products. A company needs a quality control for keeping the consistency of product quality. One of statistic tools which can be used in quality control is a control chart. If the obtained data do not have a specific distribution assumption, it is needs to use nonparametric control chart as the solution. One of ways to describe the nonparametric control chart is a kernel density estimation. The most important point in the kernel density estimation is optimal *bandwidth* selection and one of the method that can be used is *Least Squares Cross Validation*. In this case, will be described a nonparametric control chart to data of vanishing candle at batik in Pekalongan using Rectangular, Triangular, Biweight and Epanechnikov kernel density estimation. Based on the data processing using R.2.14, the result was obtained that from the four kernel estimations which were used, the obtained control chart by the Rectangular kernel density estimation which have the largest value of variance. It shows that the control chart by the Rectangular kernel density estimation is the widest control chart. While, the obtained control chart by the Epanechnikov kernel density estimation which have the smallest value of variance. It shows that the control chart by the Epanechnikov kernel density estimation is the narrowest control chart.

**Keywords** : *quality control, control chart, nonparametric, kernel density estimation, Bandwidth, Least Squares Cross Validation.*

## DAFTAR ISI

|   | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL.....                                  | i       |
| HALAMAN PENGESAHAN I .....                          | ii      |
| HALAMAN PENGESAHAN II.....                          | iii     |
| KATA PENGANTAR .....                                | iv      |
| ABSTRAK .....                                       | v       |
| ABSTRACT .....                                      | vi      |
| DAFTAR ISI .....                                    | vii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | x       |
| DAFTAR TABEL.....                                   | xii     |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                | xiii    |
| BAB I PENDAHULUAN                                   |         |
| 1.1 Latar Belakang.....                             | 1       |
| 1.2 Tujuan Penulisan .....                          | 3       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA                             |         |
| 2.1 Proses Pembuatan Batik Tulis .....              | 5       |
| 2.2 Karakteristik Kualitas Batik Tulis .....        | 7       |
| 2.3 Grafik Pengendali Parametrik.....               | 9       |
| 2.3.1 Pengertian Grafik Pengendali Parametrik ..... | 9       |
| 2.3.2 Bagian – bagian Grafik Pengendali.....        | 10      |

|                                       |  |    |
|---------------------------------------|--|----|
| 2.3.3                                 | Kegunaan Grafik Pengendali.....  | 11 |
| 2.3.4                                 | Asas – asas Dasar Grafik Pengendali parametrik.....  | 13 |
| 2.4                                   | Pengertian Grafik Pengendali Nonparametrik.....  | 17 |
| 2.5                                   | Pengertian Fungsi Densitas Kernel.....   | 17 |
| 2.6                                   | Penaksir Fungsi Densitas Kernel.....   | 22 |
| 2.7                                   | Penduga Densitas Terbaik .....   | 24 |
| 2.8                                   | Estimasi Batas – Batas Grafik Pengendali Nonparametrik<br>dengan Pendekatan Fungsi Densitas Kernel ..... | 26 |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>  |  |    |
| 3.1                                   | Sumber Data.....   | 28 |
| 3.2                                   | Software yang Digunakan .....  | 28 |
| 3.3                                   | Metode Analisis.....   | 28 |
| <b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN</b> |  |    |
| 4.1                                   | Deskripsi Data.....  | 31 |
| 4.2                                   | Uji Asumsi Normalitas Data .....   | 33 |
| 4.3                                   | Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi Densitas<br>kernel .....                                 | 33 |
| 4.3.1                                 | Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi<br>Densitas kernel Rectangular .....                     | 33 |
| 4.3.2                                 | Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi<br>Densitas kernel Triangular.....                       | 36 |
| 4.3.3                                 | Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi  |    |

|   |           |
|---|-----------|
| Densitas kernel Biweight .....                        | 39        |
| 4.3.4 Grafik Pengendali Nonparametrik dengan Estimasi |           |
| Densitas kernel Epanechnikov .....                    | 42        |
| <b>BAB V KESIMPULAN</b>                               |           |
| Kesimpulan .....                                      | 47        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                           | <b>48</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>                                 | <b>50</b> |

## DAFTAR GAMBAR

|   | Halaman |
|---|---------|
| Gambar 2.1 Grafik Pengendali .....                                    | 11      |
| Gambar 2.2 Batas Toleransi Alami Distribusi Normal .....              | 16      |
| Gambar 2.3 Fungsi Kernel Rectangular .....                            | 18      |
| Gambar 2.4 Fungsi Kernel Triangular .....                             | 19      |
| Gambar 2.5 Fungsi Kernel Biweight.....                                | 20      |
| Gambar 2.6 Fungsi Epanechnikov .....                                  | 20      |
| Gambar 2.7 Fungsi Triweight .....                                     | 21      |
| Gambar 2.8 Fungsi Cosinus .....                                       | 21      |
| Gambar 2.9 Fungsi Gaussian.....                                       | 22      |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Analisis Data .....                           | 30      |
| Gambar 4.1 Output Uji Kolmogorov Smirnov .....                        | 33      |
| Gambar 4.2 Plot Mencari Bandwith Optimal Kernel Rectangular .....     | 35      |
| Gambar 4.3 Estimasi Densitas Kernel Rectangular .....                 | 35      |
| Gambar 4.4 Grafik Pengendali dengan Densitas Kernel Rectangular ..... | 36      |
| Gambar 4.5 Plot Mencari Bandwith Optimal Kernel Triangular .....      | 37      |
| Gambar 4.6 Estimasi Densitas Kernel Triangular .....                  | 38      |
| Gambar 4.7 Grafik Pengendali dengan Densitas Kernel Triangular.....   | 39      |
| Gambar 4.8 Plot Mencari Bandwith Optimal Kernel Biweight .....        | 40      |
| Gambar 4.9 Estimasi Densitas Kernel Biweight .....                    | 41      |
| Gambar 4.10 Grafik Pengendali dengan Densitas Kernel Biweight .....   | 42      |
| Gambar 4.11 Plot Mencari Bandwith Optimal Kernel Epanechnikov .....   | 43      |

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 4.12 | Estimasi Densitas Kernel Epanechnikov .....                 | 44 |
| Gambar 4.13 | Grafik Pengendali dengan Densitas Kernel Epanechnikov ..... | 45 |

## DAFTAR TABEL

|   | Halaman |
|---|---------|
| Tabel 4.1 Uji Kolmogorov Smirnov .....  | 33      |
| Tabel 4.2 Nilai Batas – batas Pengendali dan Nilai Standar Deviasi<br>dari Masing – masing Kernel ..... | 45      |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1 Data Pengukuran Harian Waktu Pelorotan Batik Tulis<br>Selama Bulan Januari 2013 ..... | 50      |
| Lampiran 2 Program Fungsi Kernel .....   | 57      |
| Lampiran 3 Program Mencari Bandwidth Optimal Fungsi Kernel .....                                 | 59      |
| Lampiran 4 Program Grafik Pengendali Densitas Kernel dengan<br>bandwidth Optimal .....           | 70      |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era globalisasi, persaingan bisnis antar perusahaan semakin ketat, terutama persaingan dalam menarik konsumen untuk memperebutkan pangsa pasar. Keanekaragaman jenis produk disertai dengan keanekaragaman jenis teknologi yang telah beredar di pasar serta hal-hal baru yang sering dihadapkan pada produsen maupun konsumen secara umum menyebabkan persaingan di dunia usaha semakin pesat. Dalam kondisi seperti ini, hanya produk dan jasa yang berkualitas yang mampu memenangkan persaingan dan mampu mempertahankan posisinya di pasar. Untuk itu, diperlukan konsistensi kualitas produk dan jasa yang dihasilkan sesuai keinginan pelanggan.

Kualitas hasil produksi menjadi salah satu faktor dasar keputusan konsumen dalam memilih suatu produk. Konsumen akan merasa puas apabila produk yang dibeli sesuai dengan keinginan dan harapannya. Kepercayaan konsumen terhadap produk suatu perusahaan akan terjadi apabila konsumen puas terhadap kualitas produk tersebut. Hal ini penting untuk menjaga *image* dari perusahaan tersebut. Selain itu, diharapkan volume penjualan akan semakin meningkat pula. Dengan demikian, kualitas adalah faktor kunci yang dapat membawa keberhasilan suatu bisnis. Dalam hal ini yang dimaksud kualitas adalah ukuran seberapa dekat suatu barang atau jasa sesuai dengan standar tertentu (Marimin, 2005).

Sementara itu, untuk menjaga konsistensi kualitas produk yang dihasilkan dan sesuai dengan tuntutan kebutuhan pasar, perlu dilakukan pengendalian kualitas (*quality control*) atas aktivitas proses yang di jalani. Pengendalian kualitas bertujuan untuk menerima produk yang memenuhi syarat dan menolak produk yang tidak memenuhi syarat sehingga banyak bahan, tenaga, dan waktu yang tidak terbuang. Berdasarkan hal tersebut, muncul pemikiran untuk menciptakan sistem yang dapat mencegah timbulnya masalah mengenai kualitas agar kesalahan yang pernah terjadi tidak terulang lagi.

Pengendalian kualitas adalah aktivitas keteknikan dan manajemen, dimana aktivitas tersebut mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dan yang standar. Pengendalian tersebut bertujuan untuk mendeteksi penyimpangan-penyimpangan yang terjadi agar dapat dilakukan suatu tindakan koreksi terhadap proses dan sistem yang digunakan dalam mengolah produk. Melalui pengendalian ini dapat membantu dalam menghasilkan produk yang lebih berkualitas sehingga dapat memberi kepuasan terhadap konsumen (Montgomery, 1990).

Salah satu alat yang dapat digunakan dalam pengendalian kualitas suatu produk adalah grafik pengendali shewhart yang ditemukan pertama kali oleh Dr.walter A Shewhart. Pada kenyataannya, karakteristik kualitas tidak selalu diketahui distribusinya, yang ada hanya data mentah hasil observasi. Dalam kasus sampel yang tidak diketahui distribusinya, grafik pengendali Shewhart kurang sesuai

jika digunakan. Oleh karena itu, dikembangkan alternatif grafik pengendali dengan pendekatan nonparametrik. Salah satu cara untuk membangun grafik pengendali nonparametrik yaitu berdasarkan pendekatan kernel yang telah diperkenalkan oleh Vermaat et al. (2003).

Dalam penulisan tugas akhir ini, permasalahan yang dibahas yaitu menentukan grafik pengendali nonparametrik kualitas batik tulis untuk karakteristik waktu pelorotan dengan grafik pengendali berdasarkan densitas kernel. Fungsi densitas kernel yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah kernel Triangular, kernel Rectangular, kernel Biweight dan kernel Epanechnikov.

Estimasi densitas kernel ditentukan oleh fungsi kernel dan *bandwidth*. Kebaikan penduga densitas kernel ditentukan oleh dua hal penting yaitu pemilihan fungsi kernel dan *bandwidth*. Namun, yang paling menentukan adalah pemilihan *bandwidth* yang optimal (Santoso, 2008). Salah satu metode pemilihan *bandwidth* optimal adalah menggunakan metode *Cross Validation* yang merupakan metode yang digunakan untuk menduga kesalahan prediksi.

## **1.2 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir ini adalah

1. Menerapkan grafik pengendali nonparametrik untuk data waktu pelorotan batik tulis, yang tidak diketahui distribusinya, berdasarkan estimasi fungsi densitas kernel .

2. Membuat grafik pengendali nonparametrik dengan estimasi densitas kernel berdasarkan *bandwidth* yang optimal.
3. Membandingkan hasil grafik pengendali nonparametrik dengan estimasi fungsi densitas kernel yang berbeda.
4. Memilih grafik nonparametrik dengan estimasi fungsi densitas kernel yang terbaik.