BAB II

RASIO SINYAL GANGGUAN DALAM DESAIN ROBUST

2.1 KONSEP DASAR STATISTIK

Sebelum membahas momen dan fungsi pembangkit ada baiknya mengetahui tentang teori fungsi Distribusi Probabilitas untuk variabel random diskrit dan variabel random kontinyu.

Fungsi Distribusi $F_X(x)$ untuk suatu variabel random diskrit X memberikan nilai P(X ≤ x) untuk sebarang bilangan riil X yaitu :

$$F_X(x) = P(\ X \le x\ ) \text{ untuk } -\infty < x < \infty$$

$$F_X(x) = \sum_{x_i < x} P_X(x_i) \qquad i = 1,2,3, \ldots \qquad (2.1)$$

Fungsi densitas diskrit dari variabel random diskrit X dinotasikan dengan $f_X(x)$ didefinisikan

$$f_X(x) = \begin{cases} P(\ X = x_i\ ) & \text{Jika } x = x_i \text{ , } i = 1,2,3, \ldots \\ 0 & \text{Jika } x \ne x_i \end{cases}$$

Fungsi densitas untuk variabel random kontinyu X dinotasikan dengan $f_X(x)$ didefinisikan

$$F_X(x) = \int_{-\infty}^{x} f_X(x)\ dx \qquad (2.2)$$

$F_X(x)$ merupakan fungsi distribusi dimana

$$F_X(x) = P(\ X \in [\ -\infty, x\ ]\ \text{ untuk } -\infty < x < \infty$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.1.1 MOMEN DAN FUNGSI PEMBANGKIT

Definisi 2.1.1 :

Momen ke *k* dari suatu variabel random X adalah $m_k = E[X^k]$, $k = 1,2,3, \ldots$

Momen pertama m_1 didefinisikan

$$m_1 = E[X^1] = E[X] = \mu_x$$

Momen kedua m_2 didefinisikan

$$m_2 = E[X^2]$$

Dengan menggunakan hubungan persamaan varian

$$\begin{aligned}\sigma_x^2 &= E[(X - \mu_x)^2] \\ &= E[X^2 - 2X\mu_x + \mu_x^2] \\ &= E[X^2] - 2\mu_x E[X] + E[\mu_x^2] \\ &= E[X^2] - \mu_x^2\end{aligned}$$

$$\sigma_x^2 + \mu_x^2 = E[X^2] \tag{2.3}$$

Hasil hubungan diatas menunjukan bahwa jika m_1 dan m_2 diketahui maka kita dapat menghitung mean dan varian dari variabel random X.

Contoh 2.1 :

Pada pelemparan suatu panah kecil pada sebuah target diketahui probabilitas kena mata sapi adalah 0.9.

Diberikan x = 1 jika kena mata sapi dan x = 0 jika tidak

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

kena, kemudian dapat dibuat persamaan

$$
\begin{aligned}
p_X(x) &= 0.1 && \text{untuk } x = 0 \\
&= 0.9 && \text{untuk } x = 1 \\
&= 0 && \text{lainnya}
\end{aligned}
$$

Moment ke k dari X adalah

$m_k = E[X^k] = 0^k.(0.1) + 1^k.(0.9) = 0.9$ untuk $k = 1,2,3, \ldots$

Definisi 2.1.2 :

Fungsi pembangkit momen untuk suatu variabel random X adalah

$$m_X(t) = E[e^{tx}] \qquad -\infty < t < \infty \tag{2.4}$$

e^{tx} dapat dihitung dengan deret taylor pada $x = 0$

$$e^{tx} = 1 + tx + \frac{(tx)^2}{2!} + \frac{(tx)^3}{3!} + \ldots \tag{2.5}$$

Untuk setiap bilangan riil t dan x, maka kita dapat menulis

$$
\begin{aligned}
m_X(t) &= E[e^{tx}] \\
&= E[1 + tx + \frac{(tx)^2}{2!} + \frac{(tx)^3}{3!} + \ldots] \\
&= 1 + t.E[X] + \frac{t^2}{2!}.E[X^2] + \frac{t^3}{3!}.E[X^3] + \ldots \\
&= 1 + t.m_1 + \frac{t^2}{2!}.m_2 + \frac{t^3}{3!}.m_3 + \ldots
\end{aligned}
$$

dimana m_1, m_2, m_3, ... adalah momen untuk X.

Contoh 2.3 :

Panjang dari waktu suatu transitor akan bekerja adalah variabel random Y dengan fungsi densitas

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

$$f_y(y) = 0.001.e^{-0.001y} \qquad y > 0$$
$$= 0 \qquad \text{lainnya}$$

Fungsi pembangkit momen untuk Y adalah

$$m_y(t) = E(e^{ty})$$
$$= \int_0^{\infty} e^{ty}.0.001.e^{-0.001y}\,dy$$
$$= \int_0^{\infty} 0.001.e^{-y(0.001\,-\,t)}\,dy$$
$$= \frac{0.001}{0.001 - t} \quad \text{untuk } t < 0.001$$

Dari sini kita menemukan bahwa :

$$\mu_y = m_1 = m^{(1)}.(0) = 1000$$
$$m_2 = m^{(2)}.(0) = 2(1000)^2$$

maka $\sigma_y^2 = m_2 - \mu_y^2$

$$= (1000)^2$$
$$\sigma_y = 1000$$

2.1.2 DISTRIBUSI NORMAL

Distribusi Normal merupakan jenis distribusi dengan variabel random kontinyu.

Jika X variabel random kontinyu mempunyai fungsi densitas

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x\,-\,\mu}{\sigma}\right]^2} \qquad (2.6)$$

dimana $\pi = 3.1416$

$e = 2.7183$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

μ = parameter rata-rata untuk distribusi

σ = parameter simpangan baku untuk distribusi

untuk $-\infty < x < \infty$, maka dikatakan variabel random X berdistribusi Normal.

Bila untuk setiap titik x diplotkan pada sumbu x dan sumbu y ($f_X(x)$) maka kurva distribusi Normal dapat digambarkan pada gambar 2.1 .

Untuk menentukan peluang harga X antara a dan b($P(a < x < b)$ dapat menggunakan rumus :

$$P(a < x < b) = \int_a^b (\sigma\sqrt{2\pi})^{-1}\, e^{-\frac{1}{2}\left[\frac{x-\mu}{\sigma}\right]^2} dx \qquad (2.7)$$

Dengan menggunakan persamaan 2.1, Distribusi Normal dengan mean $\mu = 0$ dan simpangan baku $\sigma = 1$ (N(0,1)), mempunyai fungsi densitas

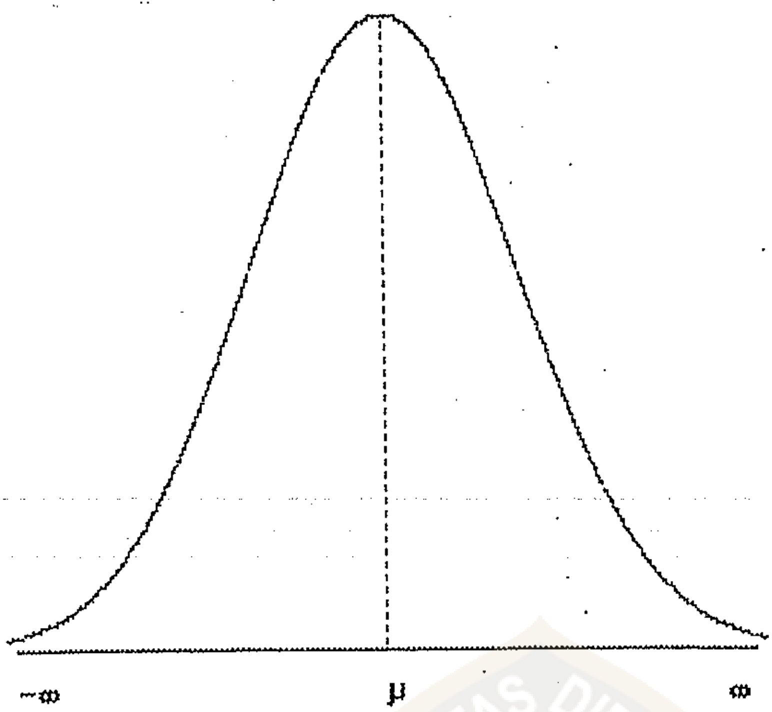
$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{1}{2}z^2} \qquad \text{untuk } -\infty < z < \infty$$

Distribusi diatas merupakan distribusi normal standar. Untuk mengubah N(0,1) menjadi bentuk normal $N(\mu,\sigma^2)$ digunakan transformasi :

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma}$$

$$x = \mu + \sigma z \qquad (2.8)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.1

Kurva Distribusi Normal

2.1.3 TEOREMA BATAS MEMUSAT (CENTRAL LIMIT THEOREM)

Teorema :

Jika { X_n } adalah barisan dari variabel random yang independen dan didistribusikan secara identik dengan kesamaan nilai harapan/mean dan varian yang terbatas, maka variabel random

$$Y_n = \frac{\sum x_i - n.\mu}{\sigma\sqrt{n}} = \frac{\bar{X}_n - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \qquad (2.9)$$

mempunyai limit distribusi N(0,1)

Bukti :

Kita menganggap, bahwa barisan tersebut mempunyai fungsi pembangkit momen $m_X(t) = E[e^{tX}]$; $-h < t < h$

{ X_n } barisan dari sampel random $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ adalah

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

independen.

$$m_{y_n}(t) = E[e^{ty_n}]$$

$$= E\left[e^{t\frac{\Sigma x_i - n.\mu}{\sigma\sqrt{n}}}\right]$$

Karena x_1, x_2, x_3, ... , x_n independen maka

$$= E\left[e^{t\frac{\Sigma x_1 - n.\mu}{\sigma\sqrt{n}}}\right] . E\left[e^{t\frac{\Sigma x_2 - n.\mu}{\sigma\sqrt{n}}}\right] . \; ... \; . E\left[e^{t\frac{\Sigma x_n - n.\mu}{\sigma\sqrt{n}}}\right]$$

$$= E\left[e^{t\frac{x - n.\mu}{\sigma\sqrt{n}}}\right]^n$$

$$= E\left[m_z\left(\frac{t}{\sigma\sqrt{n}}\right)\right]^n \quad \text{dimana } z = x - \mu \text{ dan } -h < \frac{t}{\sigma\sqrt{n}} < h$$

Dengan deret taylor

$$m_z(t') = 1 + m_1(0)t' + \frac{m_2(t_o')t'^2}{2}$$

dengan $0 < t_o' < t'$ dimana $t' = \frac{t}{\sigma\sqrt{n}}$

dari sifat fungsi pembangkit momen dimana variabel random $z = x - \mu$ maka $m_1 = E[x-\mu] = 0$ dan $m_2 = \sigma^2$

maka deret taylor dapat dituliskan :

$$m_z(t') = 1 + \frac{m_2\ (t_o')}{2}\ t'^2$$

$$m_z\left[\frac{t}{\sigma\sqrt{n}}\right] = 1 + \frac{m_2(t_o')t^2}{2n\sigma^2}$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

$$= 1 + \frac{t^2}{2n} + \frac{\left[(m_2(t_o') - \sigma^2)t^2\right]}{2n\sigma^2}$$

$$m_{y_n}(t) = \left[m_z\left(\frac{t}{\sigma\sqrt{n}}\right)\right]^n$$

$$= \left[1 + \frac{t^2}{2n} + \frac{\left[(m_2(t_o') - \sigma^2)t^2\right]}{2n\sigma^2}\right]^n$$

maka $\lim\limits_{x \to \sim} m_z\left[\frac{t_o'}{\sigma\sqrt{n}}\right] = \sigma^2$

sehingga harga $m_{y_n}(t)$ mendekati $e^{-\frac{t^2}{2}}$ jika n mendekati tak terhingga.

$$m_{y_n}(t) = \left[1 + \frac{t^2}{2n}\right]^n$$

Kesimpulannya $m(t) = e^{\frac{t^2}{2}}$ atau

$$f_{y_n}(x) \longrightarrow \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\sim}^{x} e^{-\frac{t^2}{2}}\, dt$$

dimana n mendekati tak terhingga adalah fungsi pembangkit momen dari N(0,1) menurut persamaan (2.6) .

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2.2 PRINSIP DASAR DESAIN ROBUST

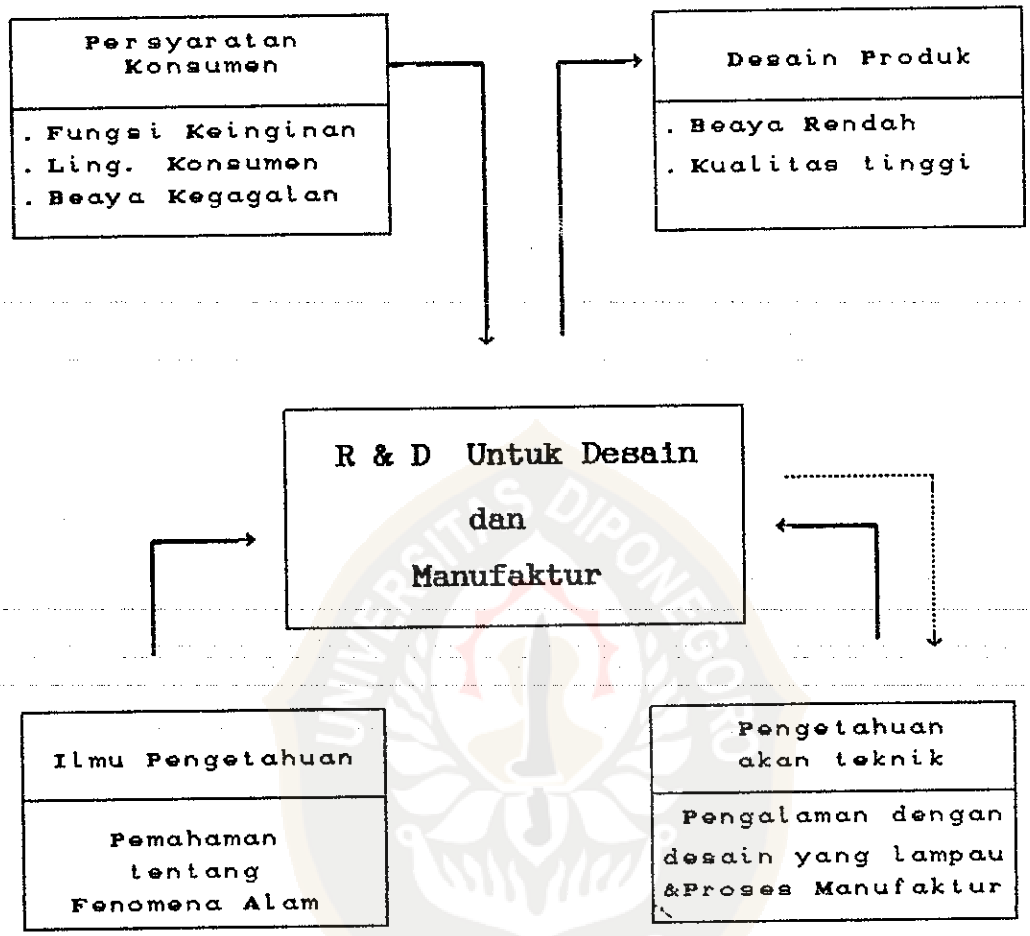
Tujuan dari teknik desain, yang merupakan bagian dasar dari riset dan pengembangan (R & D) adalah untuk menghasilkan produk-produk yang memenuhi persyaratan pelanggan. Pengetahuan akan peristiwa dan rekayasa pengalaman masa lampau dengan desain produksi yang mirip dan bentuk proses pembuatan merupakan dasar dari aktivitas teknik desain, yang dapat dilihat pada gambar 2.2 .

Bagaimanapun sejumlah keputusan - keputusan baru dihubungkan terhadap produk khusus yang harus dibuat berkenaan dengan arsitektur produksi, parameter dari desain produksi, proses arsitektur, dan parameter dari proses pembuatan.

Sebagian besar dari usaha rekayasa dihabiskan dalam eksperimen-eksperimen (kecuali dengan hardware/perangkat keras atau dengan simulasi) untuk membangun informasi yang diperlukan untuk menuntun keputusan-keputusan ini.

Robust desain adalah suatu teknik metodologi untuk memperbaiki produktivitas selama penelitian (research) dan pengembangan (development), dengan demikian produk-produk dengan kaulitas tinggi dapat dihasilkan secara cepat dan dengan beaya rendah.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.2

Aktivitas Teknik Desain

Metode Desain Robust dapat diaplikasikan secara luas terhadap masalah yang bermacam-macam dalam bidang elektronik, produk otomotif, Fotografi dan beberapa perusahaan telah menjadi faktor yang penting dalam pertumbuhan industri yang cepat.

Desain Robust menggambarkan pada banyak ide-ide dari

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

desain eksperimen statistik untuk merencanakan eksperimen-eksperimen untuk mendapat informasi yang dapat diandalkan terhadap variabel-variabel yang terlibat dalam teknik pembuatan keputusan.

Desain Robust menambah suatu dimensi baru terhadap desain eksperimen statistik. Desain Robust secara eksplisit mengemukakan perhatian terhadap semua produk dan Perancang proses.

a) Bagaimana mengurangi variasi secara ekonomis dari suatu fungsi produksi dalam lingkungan konsumen.

b) Bagaimana meyakinkan bahwa keputusan yang diambil benar-benar optimal selama eksperimen laboratorium akan membuktikan juga dalam proses manufaktur dan dalam lingkungan konsumen.

Penyampaian suatu produk dengan kualitas tinggi dengan beaya rendah adalah masalah yang melibatkan berbagai ilmu teknik, ekonomi, statistik dan manajemen.

3 kategori utama dari beaya yang harus diperhatikan dalam penyampaian suatu produk adalah :

1. **Beaya Operasi** : Beaya operasi terdiri dari beaya yang diperlukan untuk mengoperasikan produk, kontrol lingkungan, perawatan, inventaris suku cadang dan

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

unit.

2. **Beaya Manufaktur** : Beaya dari manufaktur yang pen - ting adalah peralatan, mesin, bahan mentah, buruh, Pengolahan berulang dan lain sebagainya.
3. **Beaya R & D** : Waktu yang digunakan untuk mengembang- kan suatu produk baru ditambah dengan tenaga teknik dan laboratorium yang diperlukan adalah elemen terbesar dalam beaya R & D.

Ide yang melatarbelakangi Desain Robust adalah pengalaman yang didapat oleh pabrik keramik Ina. Selama tahun 1950 akhir, pabrik keramik Ina di Jepang dihadapkan dengan masalah tingginya perbedaan ukuran dari keramik yang diproduksi, lihat gambar 2.3 dan gambar 2.4 . Karena skrening (proses mengeluarkan keramik yang diluar ukuran) adalah suatu penyelesaian yang mahal, perusahaan menunjuk suatu tim yang terdiri dari teknisi-teknisi ahli untuk menyelediki bahwa keramik pada bagian tengah tumpukan dalam tempat pembakaran bertemperatur lebih rendah dibandingkan keramik pada daerah luar. Ketidaksamaan temperatur membuktikan sebagai penyebab ketidakseragaman ukuran.

Tim memperkirakan beaya untuk merancang kembali dan membangun tempat pembakaran yang dapat memberikan temperatur yang sama membutuhkan dana sebesar satu juta dolar. Walaupun pilihan ini kurang mahal bila dibandingkan dengan skrening.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Tim kemudian mendapat gagasan dan mendefinisikan suatu bilangan dari paremeter proses yang dapat diganti secara mudah dan tidak mahal. Setelah melalui sebagian kecil rancangan eksperimen menurut metode Desain Robust, tim menyimpulkan bahwa dengan menambahkan kapur yang mengandung tanah liat dengan kadar kandungan dari 1 persen hingga 5 persen akan mengurangi perbedaan ukuran keramik. Karena kapur sangat murah maka beaya penggantian juga murah.

Dengan demikian masalah ketidaksamaan ukuran keramik dipecahkan dengan meminimalkan pengaruh penyebab dari variasi (ketidaksamaan temperatur) tanpa pengecekan terhadap penyebabnya (desain tempat pembakaran). Sebagai mana digambarkan dengan contoh, prinsip dasar dari Desain Robust adalah memperbaiki kualitas dari produk dengan meminimalkan pengaruh dari penyebab variasi tanpa menghilangkan penyebabnya. Hal ini dicapai dengan mengoptimalkan produk dan rancangan proses untuk membuat kinerja mempunyai sensitivitas yang kecil terhadap bermacam-macam penyebab variasi. Langkah ini desebut dengan **Desain Parameter**.

Sebagian besar waktu rekayasa dihabiskan untuk membuat informasi tentang bagaimana perbedaan Desain Parameter berpengaruh pada kinerja pada kondisi yang berbeda saat digunakan.

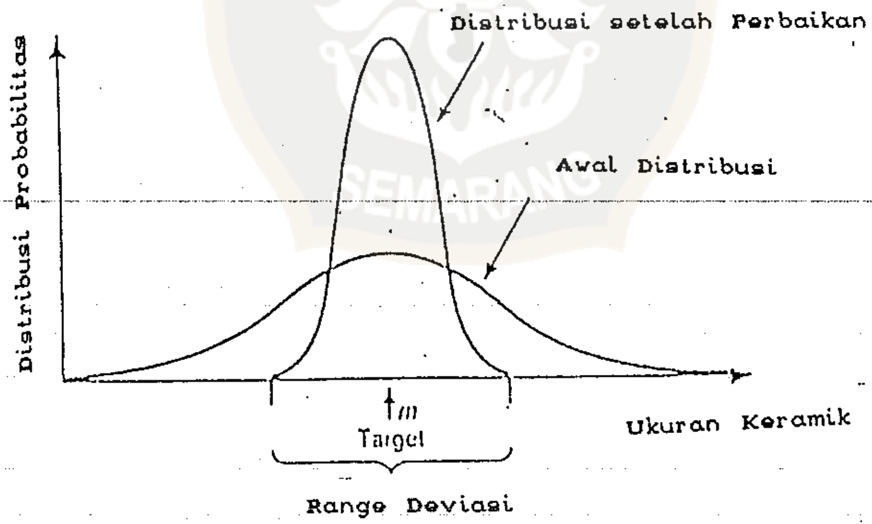
Ada 2 tugas penting yang dilakukan dalam Desain Robust :

1. Pengukuran kualitas selama perancangan dan pengembangan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

2. Percobaan yang efisien untuk mendapatkan informasi yang dapat diandalkan tentang Desain Parameter.

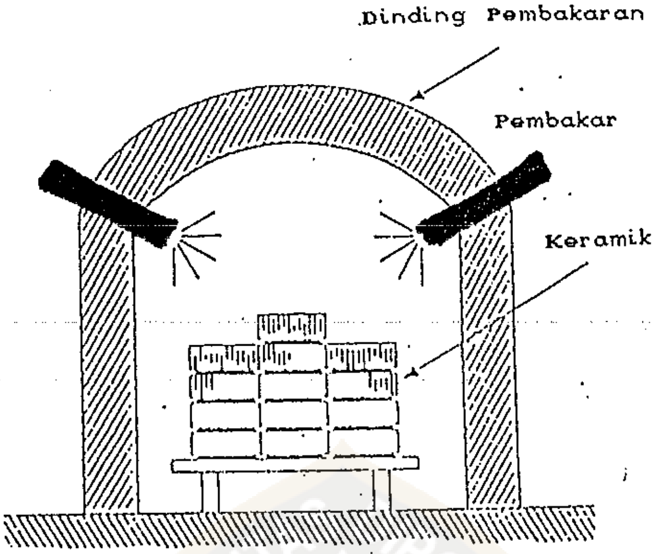
Diperkirakan pengaruh - pengaruh dari Desain Parameter harus valid bahkan ketika parameter lain dirubah selama desain berikutnya dilakukan atau ketika desain dihubungkan pada perubahan sub-sistem. Hal ini dapat dicapai dengan menggunakan Rasio Sinyal Gangguan (S/N) untuk mengukur kualitas dan Orthogonal Array (OA) yang mempelajari banyak Desain Parameter secara menyeluruh.



Gambar 2.3

Distribusi ukuran keramik

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.4

Skema diagram tempat pembakaran

2.3 FUNGSI KERUGIAN KUADRATIK

Fungsi Kerugian kuadratik berguna untuk memperkirakan Kerugian kualitas dalam bentuk kondisi. Diberikan y adalah karakteristik kualitas dari suatu produk dan m adalah target nilai untuk y. Maka fungsi kerugian Kuadratik diberikan dengan

$$L(y) = k\,(y - m)^2 \qquad (2.10)$$

dimana k adalah konstanta yang disebut sebagai koefisien kurugian kualitas. Persamaan (2.10) kalau diplotkan akan menjadi gambar 2.5. Perhatikan bahwa pada y = m Kerugian sama dengan 0, demikian juga untuk slope dari fungsi kerugian. Kerugian dari L(y) bertambah secara perlahan ketika masih dekat dengan m, tetapi Kerugian dari L(y) bertambah semakin cepat ketika mulai menjauhi m.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Untuk menentukan k dapat dicari dengan menggunakan fungsi Limit untuk nilai y. Fungsi Limit adalah nilai y saat produk akan rusak pada saat 1/2 (setengah) dari pemakaiannya. Diberikan $m \pm \Delta_o$ adalah fungsi Limit.
Andaikan kerugian pada $y \pm \Delta_o$ adalah A_o, dengan menggunakan persamaan (2.10) didapat,

$$L(y) = k(y - m)^2$$

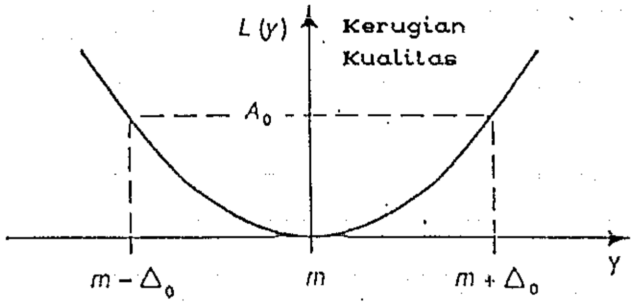
$$A_o = k(m \pm \Delta_o - m)^2$$

$$A_o = k\Delta_o^2$$

$$k = \frac{A_o}{\Delta_o^2} \qquad (2.11)$$

A_o adalah beaya perbaikan atau penggantian produk.
Dengan mensubtitusikan persamaan (2.11) ke dalam persamaan (2.10) akan didapat

$$L(y) = \frac{A_o}{\Delta_o^2}(y - m)^2 \qquad (2.12)$$



Gambar 2.5

Fungsi Kerugian Kuadratik

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Contoh 2.4 :

Perhatikan suatu sirkuit power suplai yang digunakan dalam sistem stereo yang mempunyai target tegangan output 110 Volt. Jika tegangan output jatuh diluar 110 ± 20 Volt, maka stereo tersebut harus diperbaiki. Andaikan beaya perbaikan $ 100. Kemudian rata - rata kerugian diasumsikan dengan y nilai per bagian dari tegangan yang keluar diberikan dengan persamaan :

$$L(y) = \frac{100}{20^2} (y - 100)^2$$

$$= 0.25 (y - 110)^2$$

2.3.1 VARIASI FUNGSI KERUGIAN KUADRATIK

Persamaan (2.10) merupakan fungsi kerugian kuadratik untuk tipe karakteristik kualitas Nilai Nominal terbaik. Contoh untuk kasus dengan tipe kualitas ini adalah kepadatan warna pada televisi dan tegangan output dari power supply. Untuk variasi

yang lain diberikan seperti dibawah ini :

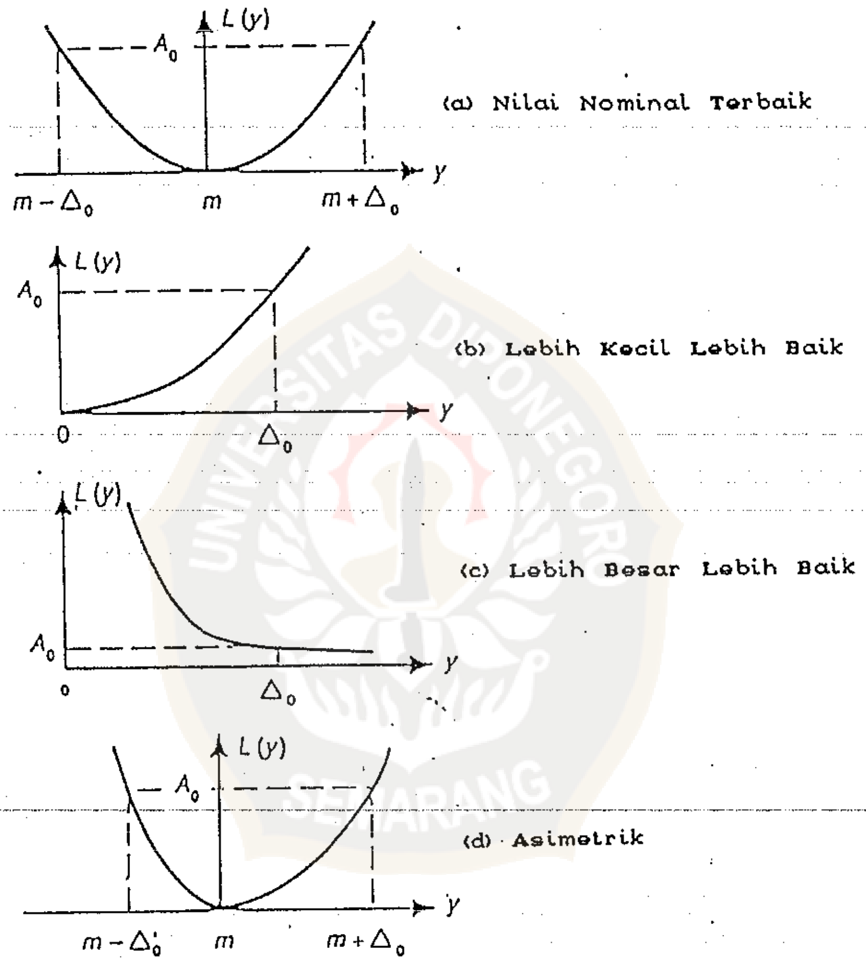
a). **Karakteristik Lebih kecil lebih baik**

Beberapa karakteristik, seperti kebocoran radiasi pada suatu oven mikrowave, tidak pernah mencapai nilai negatif. Nilai idealnya adalah 0 dan jika nilai bertambah, maka kinerja dari alat tersebut makin buruk. Kerugian kualitas dalam banyak kondisi dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan (2.12) dengan mengambil

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

nilai m = 0, maka fungsi kerugian untuk tipe ini :

$$L(y) = ky^2 \tag{2.13}$$



Gambar 2.6

Variasi fungsi Kerugian Kuadratik

b). **Karakteristik Lebih besar lebih baik**

Beberapa karakteristik, seperti kekuatan lem juga tidak

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

pernah mencapai nilai negatif. Tetapi nilai 0 adalah nilai yang paling buruk dan kinerja akan semakin baik bila nilai semakin besar. Kerugian kualitas juga semakin kecil.

Fungsi kerugian :

$$L(y) = k \left[\frac{1}{y^2}\right] \tag{2.14}$$

c). **Karakteristik tipe Asymetrik**

Dalam kondisi tertentu, deviasi dari karakteristik kualitas dalam satu arah lebih merugikan dari pada arah yang lain. Maka fungsi kerugian :

$$L(y) = \begin{cases} k_1(y-m)^2 & , y > m \\ k_2(y-m)^2 & , y \le m \end{cases} \tag{2.15}$$

Keempat tipe karakteristik kualitas dari fungsi kerugian, secara lengkap dapat dilihat pada gambar 2.6.

2.4 RASIO SINYAL GANGGUAN (S/N RASIO)

S/N rasio yang dikembangkan oleh Genichi Taguchi adalah prediktor untuk kerugian kualitas setelah dilakukan penyesuaian terhadap fungsi produksi. Hal ini akan menghindarkan kesensitifan fungsi produksi terhadap faktor gangguan (Noise Factor).

2.4.1 KLASIFIKASI PARAMETER

Sejumlah parameter dapat mempengaruhi karakteristik

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

kualitasatau produk. Parameter ini dapat diklasifikasikan ke dalam 3 (tiga) kelas yaitu :

1. Faktor sinyal / Signal Factor (M)

   Parameter ini dipakai oleh pengguna atau operator untuk menunjukan nilai sebenarnya untuk keperluan respon dari produksi.

   contoh :

   - Tombol kecepatan pada kipas angin untuk menunjukan keinginan respon yang diinginkan dari produk.
   - Bit 0 dan 1 yang dikirimkan oleh sistem komunikasi digital.

2. Faktor gangguan / Noise Factor (X)

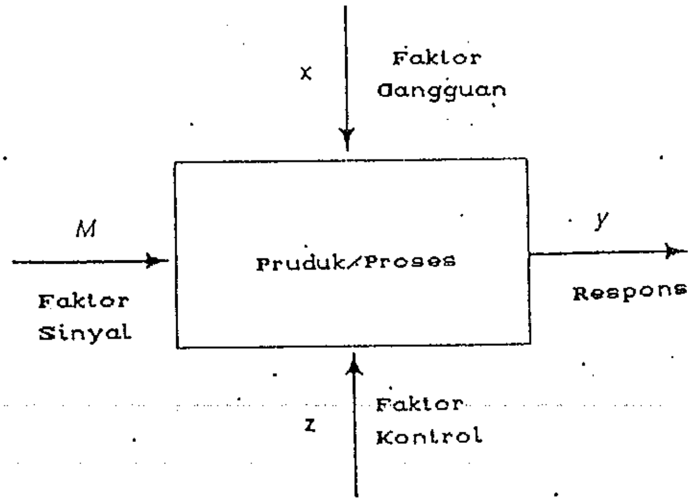
   Parameter jenis ini tidak dapat dikontrol oleh perancang. Tingkatan dari faktor gangguan berubah dari suatu unit ke unit lain, dari lingkungan ke lingkungan lain, dan dari waktu ke waktu. Faktor gangguan menyebabkan respon dari y tidak tepat terhadap target yang diberikan oleh faktor Sinyal (M).

3. Faktor Kontrol / Control Factor (z)

   Parameter ini dapat ditentukan bebas oleh perancang.

Hubungan secara jelas dari 3 (tiga) parameter diatas dapat dilihat pada gambar 2.7.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)



Gambar 2.7

Diagram Proses dari produk

2.4.2 HUBUNGAN S/N RASIO DENGAN Q_a

Perancang ingin produk yang dihasilkan mempunyai kesensitifan yang kecil terhadap gangguan. Untuk keperluan tersebut dilakukan penyesuaian - penyesuaian terhadap produk yang akan dihasilkan. Setelah dilakukan penyesuaian pasti terjadi kerugian kualitas setelah penyesuaian (Q_a).

Q_a dihitung dengan persamaan,

Q_a = Kerugian kualitas setelah penyesuaian $= k \left[\frac{\mu_o}{\mu} . \sigma \right]^2$

atau dapat ditulis :

$$Q_a = k.\mu_o^2 \left[\frac{\sigma 2}{\mu 2} \right]$$

$$Q_a = \frac{\text{konstant}}{\left[\mu^2 / \sigma^2 \right]} \qquad (2.16)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

$\frac{\mu^2}{\sigma^2}$ disebut sebagai S/N rasio karena σ^2 adalah pengaruh dari faktor gangguan dan μ adalah target yang dinginkan.
Memaksimalkan S/N rasio berarti meminimalkan Q_a yang juga berarti meminimalkan kesensitifan terhadap faktor gangguan.

Biasanya S/N rasio pada prakteknya berbentuk persamaan Logaritma.

$$S/N = 10 \log_{10} \left[\mu^2/\sigma^2\right] \tag{2.17}$$

Interval nilai dari $\frac{\mu^2}{\sigma^2}$ adalah ($0,\infty$) dan interval nilai dari S/N adalah ($-\infty,\infty$).

Pemaksimalan S/N rasio dengan pemilihan Desain Parameter yang cocok maka akan tercapai Desain Robust, yang merupakan tujuan utama dalam rekayasa kualitas.
Diberikan y_1, y_2, y_3, ... , y_n merupakan nilai - nilai dari karakteristik kinerja Y menurut observasi dalam eksperimen.
S/N rasio (yang ditunjukan dengan S/N(θ)) merupakan pilihan yang tepat dalam pengoptimalan Desain Parameter.

Untuk menyelesaikan masalah dengan tipe - tipe karekteristik kualitas yang berbeda - beda, digunakan S/N rasio sesuai dengan tipe masalah tersebut.
Disini akan diberikan 3 tipe S/N rasio untuk masalah statis.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

a) Tipe masalah lebih kecil lebih baik.

Disini karekteristik kualitas adalah kontinyu dan nonnegative, yaitu nilai dalam interval ($0,\infty$). Nilai yang diharapkan adalah nol (zero).

Ciri dari masalah yang mempunyai tipe ini adalah tidak adanya faktor skala atau faktor penyesuai (adjustment factor) lainnya.

Contoh masalah yang mempunyai tipe ini :

- Penghitungan kerusakan permukaan
- Polusi yang disebabkan pembangkit energi
- Radiasi elektromanegtik dari peralatan telekomunikasi
- Karat pada logam

Karena disini tidak ada faktor penyesuaian, kita seharusnya meminimalkan kerugian kualitas tanpa penyesuaian, maka kita akan meminimalkan

Q = k(kuadrat rata-rata(mean) karekteristik kualitas)

$$= k \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} y_i^2 \right] \qquad (2.18)$$

Meminimalkan Q berarti juga meminimalkan S/N rasio yang didefinisikan dengan persamaan :

S/N = -10 $\log_{10}$(kuadrat rata - rata karakteristik kualitas)

$$= -10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} y_i^2 \right] \qquad (2.19)$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

b) Tipe masalah nilai nominal yang terbaik

Karakteristik kualitas pada tipe ini adalah kontinyu dan nonnegative yaitu nilai tersebut terletak dalam interval (0,∞). Nilai dari target tidak nol dan tertentu.

Dalam permasalahan ini ketika mean benilai nol maka varianpun menjadi nol.

Kita dapat menemukan suatu faktor skala yang berlaku sebagai faktor penyesuai untuk menggerakan mean pada target. Fungsi Objektif dari masalah yang akan dimaksimalkan adalah

$$S/N = 10 \log_{10} \frac{\mu^2}{\sigma^2} \qquad (2.20)$$

dimana

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i \quad \text{dan} \quad \sigma^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n} (y_i - \mu)^2$$

c) Tipe masalah lebih besar lebih baik

Karekteristik kualitas disini kontinyu dan nonnegatif. Faktor penyesuai tidak kita temukan dalam masalah ini. Fungsi Objektif dari masalah ini yang akan dimaksimalkan adalah

$$S/N = -10 \log_{10}(\text{ berbanding terbalik kuadrat mean })$$

$$S/N = -10 \log_{10}\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{y_i^2} \right) \qquad (2.21)$$

Contoh masalah ini adalah berapa jarak yang ditempuh per gallonnya yang membawa sejumlah barang.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

Contoh 2.5 :

Suatu 9 eksperimen pengelasan (welding) bertujuan untuk membantu meminimalkan kehampaan volume (dalam mm^3) pada alat pengelas yang diproduksi ditunjukan pada tabel 2.1

Tabel 2.1
Test Optimasi pengelasan

No.	y_1	y_2	y_3	y_4
1.	100	95	125	85
2.	110	105	130	90
3.	125	115	139	99
4.	84	79	104	72
5.	92	85	110	80
6.	99	95	121	94
7.	99	96	120	87
8.	106	105	131	97
9.	118	117	140	105

Penghitungan S/N rasio :

Masalah diatas termasuk type lebih kecil lebih baik, maka nilai S/N rasio untuk ke 9 eksperimen adalah sebagai berikut

1. $$\text{S/N rasio} = -10\log_{10}\left[\frac{100^2 + 95^2 + 125^2 + 85^2}{4}\right]$$

$$= -40.2$$

2. $$\text{S/N rasio} = -10\log_{10}\left[\frac{110^2 + 105^2 + 130^2 + 90^2}{4}\right]$$

$$= -40.8$$

3. $$\text{S/N rasio} = -10\log_{10}\left[\frac{125^2 + 115^2 + 139^2 + 99^2}{4}\right]$$

$$= -41.6$$

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)

4. S/N rasio $= -10\log_{10}\left[\frac{84^2 + 79^2 + 104^2 + 72^2}{4}\right]$

$= -38.6$

5. S/N rasio $= -10\log_{10}\left[\frac{92^2 + 85^2 + 110^2 + 80^2}{4}\right]$

$= -39.3$

6. S/N rasio $= -10\log_{10}\left[\frac{99^2 + 95^2 + 121^2 + 94^2}{4}\right]$

$= -40.2$

7. S/N rasio $= -10\log_{10}\left[\frac{99^2 + 96^2 + 120^2 + 87^2}{4}\right]$

$= -40.1$

8. S/N rasio $= -10\log_{10}\left[\frac{106^2 + 105^2 + 131^2 + 97^2}{4}\right]$

$= -40.9$

9. S/N rasio $= -10\log_{10}\left[\frac{118^2 + 117^2 + 140^2 + 105^2}{4}\right]$

$= -41.6$

Dari perhitungan S/N rasio dari ke 9 eksperimen menunjukan bahwa eksperimen ke-4 mempunyai S/N rasio yang paling besar, maka pada eksperimen ke-4 adalah yang terbaik dan merupakan volume paling kecil dari kehampaan pada saat pengelasan.

This document is Undip Institutional Repository Collection. The author(s) or copyright owner(s) agree that UNDIP-IR may, without changing the content, translate the submission to any medium or format for the purpose of preservation. The author(s) or copyright owner(s) also agree that UNDIP-IR may keep more than one copy of this submission for purpose of security, back-up and preservation:
(http://eprints.undip.ac.id)