

# Jurnal Teknologi

Volume 11, Nomor 2, Desember 2018

- NEW APPROACHING OF Thx DSrU1.7 NANO-MATERIALS ON ABRIKOSOV-BALSEIRO-RUSSELL (ABR) MODEL AT 485 TESLA GYRO-ACCELERATOR FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REACTOR TECHNOLOGY  
*Moh. Hardiyanto*
- PEMETAAN UKM KULINER KOTA SURAKARTA BERDASARKAN STATUS SERTIFIKASI HALAL  
*Ida Giyanti, Erna Indriastiningsih*
- PENGARUH KUALITAS PRODUK DAN CITRA MEREK TERHADAP KEPUASAN KONSUMEN DAN MINAT BELI ULANG: STUDI PADA PRODUK EATLAH  
*Wibawa Prasetya, Careen Yulius*
- PENGENALAN NADA ALAT MUSIK MENGGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI PERATAAN SEGMENT BERBASIS DST, DAN PENGKLASIFIKASI SVM  
*Linggo Sumarno*
- STUDI EKSPERIMEN MULTISILINDER VORTEX INDUCED VIBRATION ENERGY CONVERTER (VIVEC)  
*Bagus Albaranu Yuliatmoko, Setyo Nugroho, Raden Sanggar Dewanto*
- PERANCANGAN PRODUK APE DENGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)  
*Evendy Andrianto, Trismawati Trismawati, Yustina Suhandini Tj*
- ANALISA KUALITAS JASA DI LINGKUNGAN AKADEMIK PADA PROGRAM STUDI X, UNIVERSITAS Y  
*Diah Wilis Lestarinings Basuki, Mariza Kertaningtyas*
- ANALISIS POROSITAS BATUGAMPING SEBAGAI AKUIFER DI DESA PONJONG, KECAMATAN PONJONG KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
*Danis Agoes Wiloso, Ratmy Ratmy*
- ANALISA LAJU PENGENDAPAN SEDIMEN DI PELABUHAN SUNDA KELAPA DENGAN MODEL SED2D  
*Novi Andhi Setyo Purwono, Ary Sismiani*
- PEMANFAATAN KULIT KACANG TANAH (ARACHIS HYPOGAEA L.) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN NITROSELULOSA  
*Bambang Kusmartono*
- PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP SIFAT MEKANIS BLOK REM KERETA API  
*Agus Duniawan*
- APLIKASI A-TMP SEBAGAI MEDIA PROMOSI DAN PENJUALAN TEMPE BERBASIS ANDROID DI CV. MAJU MAKMUR PANGAN  
*Erfanti Fatkhiyah, Galih Pradana Putra*

## EDITORIAL BOARD

### Editor Chief

Dr. Ir. Toto Rusianto, M.T.

### Managing Editor

Rahayu Khasanah, S.T., M.Eng.

### Associate Editors

Ir. Murni Yuniwati, M.T.

Ir. Muhammad Yusuf, M.T.

Beny Firman, S.T., M.Eng.

Andrean Emaputra, S.T., M.Sc.

Rosalia Arum Kumalasanti, S.T., M.T.

Yuli Purwanto, S.T., M.Eng.

Prita Haryani, S.Pd., M.Eng.

Dr. Anak Agung Putu Susastiawan, S.T., M.Tech.

### Reviewer

Dr. Ir. Sudarsono, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Amir Hamzah, MT. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Dr. Ir. Hj. Titin Isna Oesman, MM. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ir. Ganjar Andaka, Ph.D. (Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Ellyawan Setyo A., ST., M.Sc., Ph.D ( Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta)

Prof. Dr. Erma Utami, S.Si, M.Kom (Universitas AMIKOM).

Prof. Dr. Indarto. DEA. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Prof. Muhammad Djaeni, ST., M.Eng. (Universitas Negeri Diponegoro)

Dr. Deendarlianto, ST., M.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Muhammad Kusumawan Herliansyah, ST., MT., Ph.D. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Yuni Kusumastuti, ST., M.Eng., D.Eng. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Ir. Abdul Kadir, MT., MM. (Universitas Gadjah Mada Yogyakarta)

Dr. Moh. Hardiyanto (Institut Teknologi Indonesia)

Daniel Oranova Siahaan, S.Kom, M.Sc., PDEng (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

Dr. Ratna Wardani, ST., MT. (Universitas Negeri Yogyakarta)

Dr. Ir. Iswanjono, (Universitas Sanata Dharma Yogyakarta)

Dr. Eng. Azridjal Aziz, ST., MT. (Universitas Riau)

Dr. Romadoni Syahputra, ST., MT. (Universitas Muhammadiyah Yogyakarta)

### Tujuan & Ruang Lingkup

Jurnal Teknologi adalah jurnal meliputi bidang teknologi yang berkaitan dengan teknik industri, mesin, informatika, elektro, kimia, rekayasa berbantuan komputer, material, energi, lingkungan. Jurnal menerbitkan makalah asli hasil penelitian, komunikasi singkat, dan artikel review. Makalah yang diterbitkan di jurnal ini adalah makalah yang belum dan tidak akan diterbitkan di penerbit tempat lain. Tulisan merupakan karya asli bukan hasil plagiarime. Jurnal Teknologi diterbitkan oleh Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

### Alamat Redaksi:

Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Jln. Kalisahak No. 28, Komplek Balapan Yogyakarta 55222.

Telpon: 0274-563029 (ext. 112, 113) Fax: 0274-563487

Email: jurtek@akprind.ac.id

<http://ejournal.akprind.ac.id>

---

Jurnal Teknologi terbit dua kali dalam setahun setiap bulan Juni dan Desember, Redaksi menerima tulisan ilmiah hasil penelitian maupun kajian literatur di bidang teknologi. Pengiriman naskah dilakukan secara *online* di laman <http://ejournal.akprind.ac.id>

---

## DAFTAR ISI

- NEW APPROACHING OF Thx DSrU1.7 NANO-MATERIALS ON ABRIKOSOV-BALSEIRO-RUSSELL (ABR) MODEL AT 485 TESLA GYRO-ACCELERATOR FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REACTOR TECHNOLOGY  
*Moh. Hardiyanto* ..... 7-86
- PEMETAAN UKM KULINER KOTA SURAKARTA BERDASARKAN STATUS SERTIFIKASI HALAL  
*Ida Giyanti, Erna Indriastiningsih*..... 87-91
- PENGARUH KUALITAS PRODUK DAN CITRA MEREK TERHADAP KEPUASAN KONSUMEN DAN MINAT BELI ULANG: STUDI PADA PRODUK EATLAH  
*Wibawa Prasetya, Careen Yulius* ..... 92-100
- PENGENALAN NADA ALAT MUSIK MENGGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI PERATAAN SEGMENT BERBASIS DST, DAN PENGKLASIFIKASI SVM  
*Linggo Sumarno,* ..... 101-109
- STUDI EKSPERIMEN MULTISILINDER VORTEX INDUCED VIBRATION ENERGY CONVERTER (VIVEC)  
*Bagus Albaranu Yuliatmoko, Setyo Nugroho, Raden Sanggar Dewanto*..... 110-115
- PERANCANGAN PRODUK APE DENGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)  
*Evendi Andrianto, Trismawati Trismawati, Yustina Suhandini Tj* ..... 116-120
- ANALISA KUALITAS JASA DI LINGKUNGAN AKADEMIK PADA PROGRAM STUDI X, UNIVERSITAS Y  
*Diah Wilis Lestariningsih Basuki, Mariza Kertaningtyas*..... 121-124
- ANALISIS POROSITAS BATUGAMPING SEBAGAI AKUIFER DI DESA PONJONG, KECAMATAN PONJONG KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA  
*Danis Agoes Wiloso, Ratmy Ratmy* ..... 125-132
- ANALISA LAJU PENGENDAPAN SEDIMEN DI PELABUHAN SUNDA KELAPA DENGAN MODEL SED2D  
*Novi Andhi Setyo Purwono, Ary Sismiani* ..... 133-142
- PEMANFAATAN KULIT KACANG TANAH (*ARACHIS HYPOGAEA L.*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN NITROSELULOSA  
*Bambang Kusmartono* ..... 143-149
- PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP SIFAT MEKANIS BLOK REM KERETA API  
*Agus Duniawan* ..... 150-154
- APLIKASI A-TMP SEBAGAI MEDIA PROMOSI DAN PENJUALAN TEMPE BERBASIS ANDROID DI CV. MAJU MAKMUR PANGAN  
*Erfanti Fatkhiyah, Galih Pradana Putra* ..... 155-161

# NEW APPROACHING OF $Th_x DSrU_{1.7}$ NANO-MATERIALS ON ABRIKOSOV-BALSEIRO-RUSSELL (ABR) MODEL AT 485 TESLA GYRO-ACCELERATOR FOR ENVIRONMENTALLY FRIENDLY REACTOR TECHNOLOGY

**Moh. Hardiyanto**<sup>1,2,3)</sup>

<sup>1)</sup> Laboratory of LHC CERN – Lyon, France

<sup>2)</sup> Beta Group – Lab. Micro Hadron-Muon Collider, Deyna, Damstadt – Germany

<sup>3)</sup> Industrial Engineering Department – Institut Teknologi Indonesia – Serpong, Indonesia

E-mail : moh\_hardiyanto\_iti@yahoo.com

## ABSTRACT

*Our research present a source of correlated photon pairs in Abrikosov-Balseiro-Russell (ABR) formalism that relies on spontaneous scattering in  $Th_x DSrUO$  nano structure. Quantum correlations are shown between photon pairs that are generated through four-photon scattering where the pump photons are degenerate at a wavelength of 822.78 nm with  $2.63 \times 10^5$  currie/mm fast thermal neutron floating, and the signal also idler photons are non degenerated at wavelength of 766.45 nm and 769.53 nm, respectively. In non-Abelian system for ABR formalism, the quantum approaching will be shown Cerenkov's effect existing, then the Beta Group Large Hadron Collider (LHC) CERN, France nuclear reactor using by  $Th_x DSrU_{1.7}$  nano materials matrix to be barrier for  $2.63 \times 10^5$  currie/mm fast thermal neutron floating before the anti-neutrino particle shown up at 485 tesla particullary. Careful adjustment of the pump wavelength and polarization in Dirac's condition are shown to be critical to observing quantum correlations on gyro-accelerator for environmentally friendly reactor technology.*

**Keywords :** *photon pairs, ABR formalism,  $Th_x DSrU_{1.7}$  nano materials, 485 tesla, gyro-accelerator*

## I. Introduction

Quantum entanglement between physically separated systems is a resource that is essential for implementing many quantum information processing. The vast majority of entangled-photon sources that are in use in various laboratories around the world today rely on spontaneous parametric down conversion in  $\chi$  crystals. However, our research recently demonstrated a new type of source with Abrikosov-Balseiro-Russell (ABR) formalism in non-Abelian system such as

$$|i\rangle \cong \sum_{\alpha} x_{\alpha}^i |\alpha\rangle, \quad (1)$$

which photon pairs were generated through nondegenerate four-photon scattering. In ABR formalism, the parametric  $\chi$  has resulted by a few equations consists of

$$\sum_j^{occ} \sum_{\beta\gamma\delta} \chi_{\beta}^{i*} \chi_{\gamma}^j (\mu\beta|V|\gamma\delta) \\ \langle \chi | CV | \gamma \rangle \cong \sum_{\beta\delta} (\mu\chi\beta|V|\gamma\delta) \rho_{\delta\beta} \quad (2)$$

$$\langle \Phi | H \chi | \Phi^{\uparrow} \rangle = \chi^{**} \quad (3)$$

$$\langle \Phi | H \chi^* | \Phi^{\uparrow} \chi^* \rangle = \chi^{\downarrow} \quad (4)$$

$$\rho_{\delta\beta} = \sum_j^{occ} \chi_{\delta}^j \Phi_{\beta}^{i*} \quad (5)$$

For fast neutron floating at  $1.784 \times 10^4$  currie/mm, nano structure in Dirac's condition was symbolized by  $\Phi$  and if not at Abelian-system was denoted by  $\Phi^{\uparrow}$ . This condition including of Schwinger transmutation by  $\chi^*$  and the invariant denoted by  $\chi^{\downarrow}$  for non-Abelian system.

In this research, we present on measurement of correlations in the photon-pairs generated through four-photon scattering (FPS). The photon-counting experiments described herein provide a convincing demonstration of these correlations. The design of the experiment with Catch-Nuc and Interstellar Nuclear Beam equipments [1] to produce correlated photon-pairs in dispersion-shifted  $Th_x DSrUO$  nano structure near 1634 nm wavelength.

The two fundamental differences between the work reported here and the earlier

experiments are the wavelength of operation in 766 nm versus 1633 nm, and the use of a linear configuration as opposed to a Sagnac-loop configuration. After floating of  $2.33 \times 10^5$  currie/mm fast thermal neutron in nuclear chamber, the barrier from  $\text{Th}_x$  has resulted to be hold of anti- neutrino particle existing. This is a good condition before we continued to Dirac's condition after the neutron floating, and based on a few equations in ABR formalism, the quantum-correlations approaching will be adjustment the critical value of pump wavelength by  $\text{Th}_x$  nano-structure.

## II. Theoretical Background

The classical theory of four-wave interactions in  $\text{Th}_x$  nano structure has developed by ABR formalism with very simplicity equations such as:

$$\frac{\partial A_1}{\partial z} = -\frac{\alpha}{2} A_1 + i \chi \left( |A_1|^2 A_1 \right) \quad (6)$$

$$\frac{\partial A_2}{\partial z} = -\frac{\alpha}{2} A_2 + i \chi \left[ 2|A_1|^2 A_2 + A_3^{i\Delta k z} \right] \quad (7)$$

$$\frac{\partial A_3}{\partial z} = -\frac{\alpha}{2} A_3 + i \chi \left[ 2|A_1|^3 A_3 + A_2^{i\Delta k z} \right] \quad (8)$$

In these equations,  $A_{1,2,3}$  are the field amplitudes of the pump, signal and idler waves, respectively, and  $\alpha$  is the attenuation coefficient of the  $\text{Th}_x$  nano structure according to  $P(z) = P(0)e^{-\alpha z}$  where  $P$  is power and  $z$  is propagation distance. The non linier coefficient,  $\chi$ , is related to the nonlinear

refractive index,  $n_2$ , by  $\chi = \frac{n_2 \omega_1}{A_{eff} c}$ , where

$A_{eff}$  is the effective mode area of the field, and  $\omega_1$  is the angular frequency of the pump. The wave vector mismatch is given by

$$\Delta k = 2 k_1 - k_2 - k_3 \quad (9)$$

where  $k_1, k_2, k_3$  are the wave vector magnitudes for the pump, signal, and idler waves. We have assumed that the pump is much stronger than the input signal and that group-velocity mismatch between the three waves is not significant; these are reasonable assumptions for the experiments described in this paper. The effects of linear loss, self-phase

and cross-phase modulation are included, however.

For efficient interaction, solution of Eqs. (7-9) calls for the following phase-matching condition to be satisfied:

$$k = 2 \chi P_1 + \Delta k \quad (10)$$

$$\cong 2 \chi P_1 + \beta (\omega_2 - \omega_1)^2 = 0$$

where  $\beta$  is the group-velocity dispersion (GVD) coefficient and  $\omega_2$  is the angular frequency of the signal wave. The GVD parameter,  $D$ , is often used instead of  $\beta$  and

they are related by  $D = -\frac{2\pi c}{\lambda^2 \beta}$ . In ABR

formalism after fast thermal neutron floating, but before anti-neutrino particle shown up, the simplicity equations change to quantum approaching with photon-pairs, explained like these equations:

$$\langle \Phi | H \chi^* | \Phi^\uparrow \rangle = \sum_i^{occ} \langle i | T | i_k^\uparrow \rangle + \sum_{i<1}^{occ} \left( i j | V \chi^* | i j \right) \quad (11)$$

$$\langle \Phi | H \chi^* | \Phi \rangle = \sum_{i=1}^{occ} \sum_{\alpha, \beta} x_\alpha^{i*} \chi_\beta^i \langle \alpha | T | \beta \rangle +$$

$$\frac{1}{2} \sum_{i,j}^{occ} \sum_{\alpha \beta \gamma \delta} x_\alpha^{i*} \chi_\beta^{j*} x_\gamma^i \chi_\delta^j (\alpha \beta | V | \gamma \delta) \quad (12)$$

$$\epsilon_k \chi_\mu^k = \sum_\gamma x_\gamma^k \left( \begin{array}{l} \langle \mu | T | \chi \rangle \\ + \langle \mu | v | \gamma \rangle \end{array} \right) \quad (13)$$

$$\rho = \sum_j^{occ} | j^\downarrow \rangle \langle j^\uparrow |$$

$$\langle r | \rho | r' \rangle = \sum_j^{occ} \langle r | j^\downarrow \rangle \langle j^\uparrow | r' \rangle \quad (14)$$

$$\langle r | \rho | r \rangle \equiv \rho(r) = \sum_j^{occ} |\phi_j(r)|^2 \quad (15)$$

In subsequent sections the FPS probability is approximated by calculating the classical power gain,  $G$ , for a weak pulsed signal whose spectral width is matched to that of the pass band of the detectors. The scattering probability, which is the same as the photon-pair production rate per pump pulse, is taken to be proportional to  $G - G_0$ , where  $G_0$  is the "gain" when no pump is present. In the



case of  $\alpha = 0, G_0 = 1$ , but for loss  $\text{Th}_x$  nano-structure  $G_0 < 1$  in ABR formalism without Abelian system.

The first formulation investigated by Arturo J. Gomez [2] shown that the crystalline structure will be derived from BCS theory such as

$$H_1 = \sum_i J [C_{ki\uparrow}^F C_{ki\downarrow}^F] \quad (16)$$

The early equation was given by Abrikosov, Balseiro and Russel in matched on superconductivity crystalline structure [3] using Fermi's state non reactive electron cloud and Fermi-Hall reactive electron cloud. The completed equation was given by

$$H_{II} = \sum_i J [C_{ki\uparrow}^F C_{ki\downarrow}^F] + k \sum_i \sum_j [C_{kij\uparrow}^F C_{kij\downarrow}^F] \quad (17)$$

### III. ABR Formalism Model

The analysis described above applies equally well to four-photon interactions in any type of  $\text{Th}_x$  nuclear structure. The advantages of using quantum correlations for demonstrating nonlinear- $\text{Th}_x$  nuclear structure effects arise from several novel properties: the nonlinear coefficient is enhanced in small-core a few  $\mu\text{m}^2$  which support a single transverse mode over an extremely broad wavelength range (385 nm – 1615 nm). These four properties combine to allow efficient interactions to occur FPS which are either much less efficient or not possible at all in standard  $\text{Th}_x$   $\text{SrU}_{1.7}$  nano structure nuclear.

Table 1. Various properties of the  $\text{Th}_x$  nuclear structure in FPS

$\text{Th}_x$ properties	Value
Length	0.9891 m
Core diameter	1.804 $\mu\text{m}$
Attenuation	88.54 dB/m
Cutoff wavelength	< 541.44 nm
$\lambda_0$	Mode A : 755 $\pm$ 3 nm Mode B : 757 $\pm$ 3 nm
$D_{slope}$	Mode A : 0.656 ps Mode B : 0.689 ps
$\gamma$	98.66 (W m) <sup>-1</sup>

Source : courtesy of Betha Group LHC CERN nuclear reactor based on our research no. B313/2017, France

The zero-dispersion wavelength,  $\lambda_0$ , and the slope of GVD curve,  $D_{slope}$ , near  $\lambda_0$

are determined experimentally by measuring the wavelength dependent group delay in an interferometric configuration. The group delay is then plotted as a function of wavelength and fitted to a low-order polynomial up to  $\chi^2$  or  $\chi^3$ . The first derivative of the group-delay curve, normalized to the length of the  $\text{Th}_x$  DSrUO nano structure under test, the gives the parameter GVD,  $D$ . The Dirac's condition will be supporting to existing of twin-photons at Abelian-system. Using by quantum approach, the resonances of twin-photons will be detected by trans-Thorium derivation [4] when the fast neutron was breaking on Dirac's condition at Josephson's tunnelling. The other side, with Born's approximation will give the interstellar *duplet* functions at  $\text{Th}_x$  DSrU<sub>1.7</sub> nano structure.

These experiments using by a few nuclear beam equipments such as Volkov's detector and Control room of nuclear chain reaction, are shown in Fig. 1 and 2.

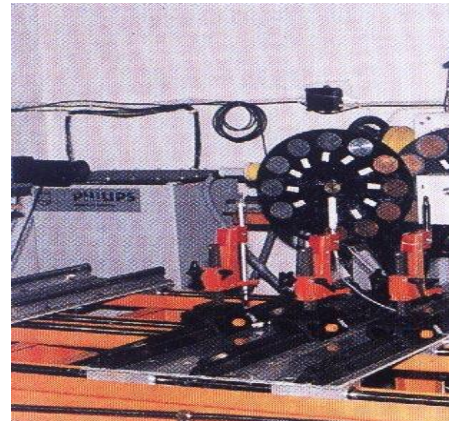


Fig. 1. Volkov's Detector for measurement of photons and thermal neutron existing after Cerenkov's effect for 485-525 tesla magnetic field at 45.7 MW adjusted power nuclear reactor. ( Courtesy and special permission of Betha Group LHC-CERN, Nuclear Reactor, 2017, France )

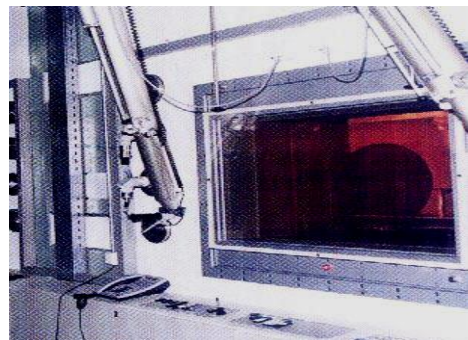


Fig. 2. Control room of nuclear chain reaction for measurement of neutrino particles and thermal neutron existing after Cerenkov's effect for 450-620

tesla magnetic field at 45.7 MW adjusted power nuclear reactor.

( Courtesy and special permission of Beta Group LHC-CERN Nuclear Reactor, 2017, France )

A few experiments using by Volkov's Detector and control room for detecting of neutrino particles after Cerenkov's effect has been resulted to match for analytical approaching, especially for  $1.82$  until  $2.33 \times 10^5$  currie/mm neutron floating. Based on the derivation of ABR formalism to  $Th_x$  microstructure, a few hypothesis equations will be tested by several experiments, particularly for tunenling effect after bounding reaction, at Thorium decay.

Results for group delay measurements taken for the FPS used in these experiments are shown in Fig. 3.

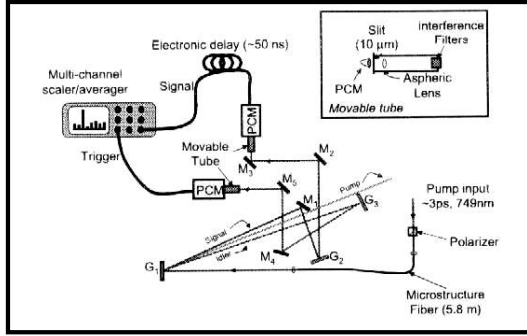


Fig. 3. A schematic of the experiment used to generate and detect quantum correlated twin photons generated in FPS.

( Courtesy of Beta Group LHC-CERN Nuclear Reactor, 2017, France )

In fig. 3. the two curves correspond to the two polarization modes of the MF, revealing that the group delay behavior is quite different between the two polarization modes. The lines given with the data are fits to the second-order polynomial function,

$$\text{Delay} = a\lambda^2 + b\lambda + c, \quad (18)$$

where for  $Sr_2O_2$  material  $\lambda_0 = 749$  nm:

$a = 0.321, b = -481,$  and  $c = 180000$ ; and

for  $Th_x$  nano-structure  $\lambda_0 = 743$  nm:

$a = 0.338, b = -502,$  and  $c = 186000$ . In the

inset of Fig. 1 are plots of the first derivative of the fitted curves, revealing the fact that  $\lambda_0$  is not the same for the two polarization modes. Other important parameters of the MF used

herein pertaining to FPS especially for  $Th_x$  material are summarized in Table 1.

For these experiments based on quantum approximation at ABR condition, such as

$$H_{II} = \sum \varepsilon_k C_{kt}^F - \hbar \Delta \sum \{C_{k\uparrow}^F C_{k\downarrow}^F x \hbar c\} \quad (19)$$

$$\Delta = g_{BCS} \sum_k \langle C_{k\downarrow} \bullet C_{k\uparrow} \rangle \quad (20)$$

Concerning of crystalline microstructure for  $Th_x$  nano-material for it's crystalline structure reliable value, there is a few points for analyzing that phenomena such as:

a. The Compton's displacement wave length has very smooth waving on top side, it means for  $0.811752 / 10^{-3}$  amu magneton's nucleus, the phonon-electron cloud together with Fermi-Dirac state and neither of one pieces of thermal neutron could be breaking the barrier on  $10^3$  nm depth area.

b. At adjusted power 45.7 MW and  $2.33 \times 10^4$  currie/mm luminosity of fast thermal neutron floating, the interstellar of this material able to conduct of quantum semi-relativistic electrical charge, the amount is 7.9552/eV. It can be calculated by Equations (14) and (16) in group-theory, but with quantum coupling rotation for magnetic-rotate has shown by

$$P^2 = J(J+1)\hbar^2; \quad \text{requirement : } \mathbf{J} = 0, 1, 2, \dots \quad (21)$$

$$P_z^2 = M^2 \hbar^2 \quad ; \text{ requirement: } \mathbf{M} = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \mathbf{J} \quad (22)$$

$$P_k^2 = K^2 \hbar^2 \quad ; \text{ requirement: } \mathbf{K} = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \mathbf{J} \quad (23)$$

#### IV. Four-photon scattering experiments

The experimental setup that was used to study photon-pair production in MF is shown in Fig. 3. Linearly polarized,  $\sim 3$  ps-long pump are launched into a 5.8 m-long MF such that the plane of polarization is aligned along one of the polarization-mode axes of the fiber. The choices of pump wavelength and which MF fire fringent axis is used are critical as will be discussed in more detail later. For low pump powers, as the pump pulses propagate through the fiber, there is a small probability that a four-photon parametric scattering event will occur. The resulting signal and idler photon pairs co-

propagate along with the pump and emerge from the MF.

According to quantum magnetic-spin and magnetic-resonance which are expressed by Equations (11) until (22) that was describing about how strongest impact from thermal neutron bombarding to Fermi-Dirac interstellar area wide. However, the wide is  $0.001127 \times 10^{-10}$  meters having magnetic field deflection on resonance of spin-rotate around 6772.55 cm per each Fermi's cloud active reaction. This matter in 500 MHz up to 550 MHz magnetic-spin frequency with  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  liquid moderator's water cooling at reactor chamber. For show up the impact and existing of Fermi-Dirac's surface effect caused by Anderson's tunnel for floating of thermal neutron electrical charge in quantum magnetic-spin also resonance, it has figure out from Gell-Mann spectroscopy.

As a consequence of choosing the linear configuration, spectral filtering is quite difficult. Photon pairs emerge from the MF accompanied by a very strong pump field. Given a pump pulse containing  $\cong 10^7$  photons, numerically solving Eqs. (1-3) in the presence of loss predicts that the FPS probability is about 17%. Therefore, the output of the MF consists of a large number of pump photons and an extremely small number of spontaneously scattered signal and idler photons that are separated in wavelength from the pump by  $\sim 10$  nm. For efficient detection of the signal-idler pairs, pump-photon suppression by greater than 90 dB is required. We obtain this suppression by use of three diffraction gratings (Richardson Grating Laboratories, 600 lines/mm, nominally blazed for 800 nm) arranged so that two different spectral regions can be detected on separate photon-counting modules (PCMs). The PCMs are commercially available devices (Perkin-Elmer, model SPCM-AQR-16), which count individual photons at 750 nm wavelength with a quantum efficiency of  $\cong 75\%$ . Each time a photon is detected by the PCM it generates a 5 V pulse of 30 ns duration. Counts are registered using either a gated photon counter (Stanford Research Systems, model SR-400) or a multi-channel scaler/averager at Max Planck Institute, Damstadt, Germany.

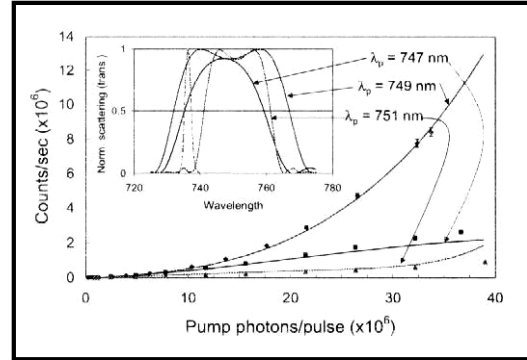


Fig. 4. Graphs showing the spectral response of the detection filter in comparison with the bandwidth of the injected pump. Note that the passband centers of the detection filter for the signal and idler are located symmetrically with respect to the pump's center wavelength, and that the detection bandwidth (2.1 nm FWHM) is considerably larger than the pump bandwidth (0.3 nm FWHM).

( Courtesy of Betha Group, LHC-CERN, 2017, France )

The dark-count levels for the two detectors are typically  $\sim 25$  counts/s for the signal detector and  $\sim 140$  counts/s for the idler detector.

The output from the MF is directed onto the first diffraction grating,  $G_1$ . A mirror ( $M_1$  in Fig. 4) is used to direct the long wavelength (signal) portion of the spectrum to a second grating,  $G_2$ , while the short wavelength (idler) portion passes the mirror and hits a third grating,  $G_3$ . As such, the signal and idler are diffracted twice each. The diffracted waves are then directed through interference filters whose purpose is twofold: to provide additional filtering of the pump and to block the ambient room light. The Ifs are specified to have 10 nm pass bands centered at either 758.33 nm or 762.21 nm [5]. The pass band center of these its can be tuned in wavelength by slightly rotating them such that the incident wave is no longer normal to the surface.

Table 2. The properties of quantum magnetic field states

Materials	Quantum magnetic-spin value	Quantum states
$\text{Th}_x \text{DSrU}_{1.7}$	7.4339/eV	$C_{kij\uparrow}^F; E_{(FD,J)}$
	7.8844/eV	$C_{kij\uparrow}^F; E_{(FD,P,J)}$
	7.7553/eV	$C_{kij\uparrow}^F; E_{(FD,J)}$

Source : courtesy of Betha Group LHC-CERN nuclear reactor based on our research no. B313/2017, France



Finally, the signal and idler each pass through an aspheric lens ( $f = 11 \text{ nm}$ ) and a  $10 \mu\text{m}$  slit to achieve the desired spectral filtering. The detection filter optics are arranged so that the strong pump wave passes without being scattered by any surface until it is dumped onto a black surface. In addition, the number of optical elements that are used in the filter system is minimized in order to reduce unnecessary scattering of light from surfaces and imperfections.

The transfer characteristic of the detection filter is shown in Fig. 4. Here the relative count rate (in dB) on each photon counter is shown as a function of the wavelength for an injected signal. The spectrum of the input pump pulse is included to show that the center wavelength of the pump is placed symmetrically in between the pass bands of the detection filter. The 3 dB bandwidth of each of the two pass bands is 2.1 nm, which is large compared with the spectral width of the pump ( $\sim 0.3 \text{ nm}$ ). The peak total detection efficiency at the center of each pass band of the filter (including the quantum efficiency of the respective PCM as well as propagation losses from the fiber to the PCM) is about  $4 \pm 1\%$ .

Even if, prior to detection, one is able to perfectly filter away photons at the pump wavelength, one also has to take great care to ensure that there are no photons injected into the MF whose wavelengths correspond to that of the signal and/or the idler. Use of a pulsed pump implies that there are photons in the spectral sidebands of the pump at the input to the MF. These extra photons could cause stimulated FPS rather than the spontaneous FPS we are seeking. Therefore, to achieve suppression of the pump sidebands, we pass the pump wave through a double-grating monochromator before injecting it into the MF. This yields a pump sideband suppression in excess of 100 dB. The double-grating monochromator also filter the pump pulses, yielding a narrow pump bandwidth of  $\sim 0.3 \text{ nm}$ .

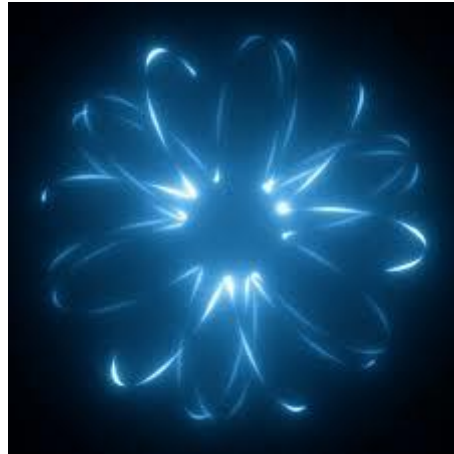


Fig. 5. The  $\text{Th}_x \text{DSrU}_{1.7}$  nano materials after Josephson's tunnelling with two photons-pair a given detection filter setting for  $\lambda_0 \sim 742.56 \text{ nm}$ . ( Courtesy of Betha Group, LHC-CERN, 2017, France )

Data points are accompanied by theoretical scattering curves, which were fitted to the data using Eqs. (1-3). The  $\lambda_0$  is assumed to be 748 nm for these calculations. One sees that the optimum response is achieved for a pump wavelength of 749 nm. The dashed curve in the inset shows the measured filter response for the idler pass band in comparison with the theoretical of FPS efficiency versus wavelength. Width is desirable because the system then more closely approximates what is expected for a CW pump.

Proper choices of the pump, signal, and idler wavelengths, and careful alignment of the system are critical to obtaining the desired result. As can be seen in Fig. 5, the choice of pump wavelength and the detection filter pass band wavelengths with respect to the fiber's  $\lambda_0$  have a dramatic effect on the FPS phase-matching bandwidth and, consequently, the signal-idler pair production rate. The filter and pump wavelengths must be chosen so that the passbands of the detection filter are near the peaks of the phase matching curve, as is the case for  $\lambda_p = 749 \text{ nm}$ .

We made FPS measurements for the idler photon counts as a function of the pump power, and the results are shown in Fig. 5. The fiber's polarization mode corresponding to  $\lambda_0 \cong 749 \text{ nm}$  was excited with pump pulses whose wavelength varied from 747 nm to 751 nm. It is evident that the count rate is

dramatically reduced for pump pulse of wavelengths detuned from  $\lambda_0$  by more than  $\pm 2$  nm [6]. In practice, detouring the pump wavelength by more than  $\pm 1$  nm from the optimum value reduces the pair production rate so dramatically that the background noise level due to leaked light and dark counts is dominant. Recall that the fiber's  $\lambda_0$  is polarization dependent due to birefringence in the MF (see Fig. 3.). This means that the polarization of the pump also dramatically affects the signal/idler count rate in the experiment.

The viewing in Fig. 5 has been fitted to theory by numerically solving Eqs. (1-3) to calculate the power gain,  $G$ , and then scaling the numerical results according to

$$R = a_1 \left[ (G - G_0) + b_1 (P_{pump}) \right], \quad (24)$$

where  $R$  is the *total detected photon scattering efficiency* per pump pulse,  $G_0$  is the gain when the injected number of photons per pump pulse ( $P_{pump}$ ) is equal to zero. The fitting parameter

$a_1 = 0.027$  counts/pulse is the total photon detection efficiency, which agrees within the margin of error with the independently measured value of  $4 \pm 1\%$ . The fitting parameter  $b_1 = 8.7 \times 10^{-9}$  counts/photon is the leakage through the detection filter and/or the contribution of spontaneous Josephson's scattering. In this experiment, FPS, Josephson's scattering, and linear loss are all of the same order of magnitude. As a result, it is difficult to quantify the contribution due to Josephson's scattering without a more comprehensive theory, shown up for  $\text{Th}_x$  DSrU<sub>1.7</sub> nano material after Josephson's tunneling.

Joining between Coulomb nuclear force with Bohr's centripetal force in relativistic quantum area, which is  $2.33 \times 10^4$  currie/mm thermal neutron flux absorption for minimal condition in reactor chamber, the value of  $n$ -th stage begin from 1 up 2 according the Fermi's interference condition. Based on the formulation for Fermi-Dirac's active cloud in coherent Compton's wave length, will be adjoined of critical modulation phonon's vibration and Cooper's pairs cloud [7].

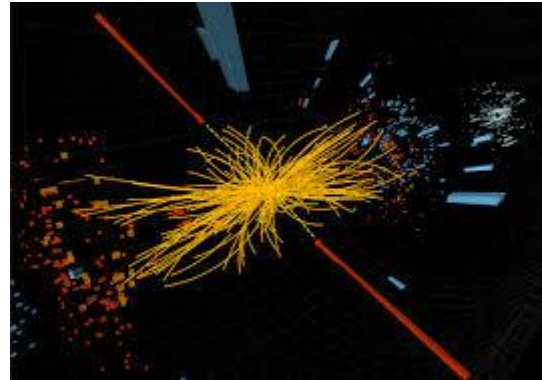


Fig. 6.  $\text{Th}_x$  scattering material scaler where one counter is used to trigger the acquisition and the order is taken to be the PCMs signal at 450 tesla.

( Courtesy of Betha Group, LHC-CERN nuclear reactor, 2017, France )

To detect temporally coincident counts using the multi channel scaler, the output from one of the PCMs is used as trigger input to the scaler while the pulses from the other PCM are measured at the signal input of the scaler. The instrument then generates a histogram of the arrival time of signal pulses with respect to the trigger pulses. A typical set of data recorded by the scaler is shown in Fig. 4, where it can be seen that one of the peaks is much taller than the others. The peak is evidence of a higher probability of registering a count on the signal PCM in the same time window as the count registered on the trigger PCM. The other peaks are spaced from each other by 13 ns (modulo 5 ns due to the bin resolution limitation on the scaler) and arise due to the fact that pulsed pump at 75-MHz repetition rate is used. One can clearly see the 13 ns repetition period on the histogram.

Data from the scaler can be used to make a comparison between the rate of coincidences versus non-coincidences. A plot of coincident counts registered and non-coincidence counts registered as a function of the number of pump photons per pulse. This plot clearly demonstrates that more coincident photons are generated at the signal/idler wavelengths than the accidental coincidences that result from the background photons.

The coincidence counting results in Fig. 6 do show the existences of correlated photons, but only on top of a large background of accidental coincidence counts. The "true coincidence counts" are obtained by subtracting the accidental coincidence counts from the total coincidence counts. While we expect a quadratic variation, we observe that the true coincidence count rate varies slightly sub-linearly with pump power. The origin of this

discrepancy is unclear at this time. The accidental coincidences may arise from mechanisms such as pump leakage due to imperfect filtering, but it is highly that the bulk of these accidental counts arise from spontaneous Raman scattering. Recently, we have presented a quantum theory of the four-wave interactions in fibers with systematic inclusion of the Raman effect.

A quantitative comparison with this theory is underway and will be presented elsewhere. If one makes the comparison between the results presented here and those of Florence Matinne experiments, we expect the coincidence-to-background ratio to be much worse for the choice of wavelengths used here because the signal wavelengths falls much closer to the peak of the Josephson gain curve.

The quality of the correlated photons generated by FPS in the MF is limited by the high rate of accidental coincidences. Accidental coincidence counts due to imperfect filtering as well as from spontaneous Josephson's scattering could be dramatically reduced if the signal and idler photons are generated with greater wavelength separation from the pump. In a recent paper, Helène Duprix describe measurements of modulation instability in highly nonlinear MFs where the signal- and idler-to-pump detuning exceeds 102,44 nm. This wavelength separation would result in photon pairs being generated away from the peak of the Raman gain, which can then be efficiently filtered from each other as well as from the pump photons.

When starting the experiment, we had hoped to create polarization entanglement by pumping both polarization modes of the MF simultaneously. However, it is clear from the data presented in Fig. 4 that optimum pair production depends upon choosing a pump wavelength almost exactly equal to the  $\lambda_0$  of the fiber. Since the two polarization modes of the fiber have  $\lambda_0$  differing by about 5 nm [8], this approach will not work because the efficiency of the FPS process must be the same in both polarizations. However, it is still possible to generate polarization entanglement by using a counter-propagation pump configuration wherein one polarization mode of a MF is pumped in both directions at the same time [9]. By including a 90-degree twist in the fiber orientation, and mixing the two output (orthogonally because of the twist) using a

polarization beam splitter, polarization entanglement can be produced.

## V. Conclusions

In conclusion, we have studied the coincident nature of photon-pairs created in MF due to FPS. We have shown that in order to detect photon correlations one must understand the group velocity dispersion and polarization properties of the fiber being used.

- a. The strength of thermal neutron flux absorbed is  $2.33 \times 10^5$  currie/mm for twin photons nano-structure of  $\text{Th}_x \text{DSrU}_{1.7}$  nano materials.
- b. At thermal neutron flux amount  $2.33 \times 10^5$  currie/mm then the value of quantum magnetic-spin is 7.8114/eV and Josephson's tunneling between interstellar area around 739.44 nm and 764.21 nm, then the thermal neutron electrical charge could be flowing smoothly.

Polarization dependent dispersion behavior in MF provides unique challenges for the generation of polarization entanglement.

This research was supported in part by the Canadian Deuterium Uranium (CANDU) nuclear reactor a collaborative Royal Canadian Education Affair grant (CNAD19-00-1-0177) and Large Hadron Collider (LHC) Beta Group, CERN, Lyon-France in B313/2017.

## REFERENCES

- Hebeler K., Duguet T., Lesinski T., Schwenk A. Phys. Rev. C, 80 (2009), p. 044321  
 Li B.A., Chen L.W. Modern Phys. Lett. A, 30 (2015), p. 1530010  
 Baldo M., Burgio G.F., Schulze H.J., Taranto G. Phys. Rev. C, 89 (2014), p. 048801  
 Li X.H., Guo W.J., Li B.A., Chen L.W., Fattoye v F.J., Newton W.G. Phys. Lett. B, 743 (2015), p. 408  
 M Hardiyanto, AIP Conference Proceedings, 1977 (2018), p. 030002  
 Ryckebusch J., Vanhalst M., Cosyn W. J. Phys. G, 42 (2015), p. 055104  
 Holt J.W., Kaiser N., Miller G.A. Phys. Rev. C, 93 (2016), p. 064603  
 Mütter H., Sammarruca F., Ma Z.Y. Internat. J. Modern Phys. E, 26 (2017), p. 173001  
 Baldo M., Robledo L.M., Schuck P., Vinas X. Phys. Rev. C, 95 (2017), p. 014318

# PEMETAAN UKM KULINER KOTA SURAKARTA BERDASARKAN STATUS SERTIFIKASI HALAL

Ida Giyanti<sup>1</sup>, Erna Indriastiningsih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Setia Budi, <sup>2</sup>Universitas Sahid Surakarta  
e-mail :<sup>1</sup>idagiyanti@setiabudi.ac.id, <sup>2</sup>ernaindriasti@yahoo.com

## ABSTRACT

*The halal status of products, especially food and beverage products, is the most basic thing for Muslim consumers. While for producers, halal status is expected to increase the competitiveness of products in the local and global markets. However, very few food and beverage producers, especially among SMEs, who have registered their products to obtain official halal status from halal certified body. As of 2017, there are 1224 culinary SMEs listed in Surakarta City Cooperatives and SMEs Office. However, the data has not been integrated with halal certification data from the Central Java halal certified body. For this reason, mapping condition of SMEs in Surakarta based on halal certification status is needed. The method used for analysis is descriptive statistics. The mapping results show that only 48 SMEs or 3.92% of SMEs have obtained halal certification. Of these, there are 18 SMEs that get facilitation programs from the Central Java Cooperatives and SMEs Office to administer halal certification for free. Based on the validity period of halal certificates, out of 48 SMEs that have received halal certificates, there are 28 SMEs whose halal certificates are still valid until 2018/2019. Meanwhile, of the 18 SMEs that received facilitation from the government for the halal certification registration, only 3 SMEs whose halal certificates are still valid until 2018/2019. The results of this study are expected to provide a comprehensive description of SMEs in the Surakarta based on halal certification status. This mapping result can then be used as a reference for the government to design a program that is able to encourage the acceleration of halal certification obtainment for SMEs.*

**Keywords :** halal certification, descriptive statistic, SMEs

## INTISARI

Status kehalalan produk, terutama produk makanan dan minuman, menjadi hal paling mendasar bagi konsumen muslim. Sementara bagi produsen, status halal diharapkan mampu meningkatkan daya saing produk di pasaran lokal maupun global. Namun demikian, produsen makanan dan minuman, terutama dari kalangan pelaku UKM, masih sangat sedikit yang telah mendaftarkan produknya untuk mendapatkan status halal resmi dari LPPOM-MUI. Sampai dengan tahun 2017, terdapat 1224 UKM kuliner yang terdaftar di Dinas Koperasi dan UKM kota Surakarta. Namun demikian, data tersebut belum terintegrasi dengan data sertifikasi halal dari LPPOM-MUI Jawa Tengah. Untuk itu diperlukan suatu kajian untuk memetakan kondisi UKM kota Surakarta berdasarkan status sertifikasi halal. Metode yang digunakan untuk analisis ialah statistika deskriptif. Hasil pemetaan menunjukkan bahwa baru 48 UKM atau 3,92% UKM yang telah mendapatkan sertifikasi halal. Dari jumlah tersebut, terdapat 18 UKM yang mendapatkan program fasilitasi dari Dinas Koperasi dan UMKM Provinsi Jawa Tengah untuk melakukan pengurusan sertifikasi halal secara gratis. Berdasarkan masa berlaku sertifikat halal, dari 48 UKM yang pernah mendapatkan sertifikat halal, terdapat 28 UKM yang sertifikat halalnya masih dinyatakan valid hingga tahun 2018/2019. Sementara itu, dari 18 UKM yang mendapatkan fasilitasi dari pemerintah dalam pengurusan sertifikasi halal, hanya 3 UKM yang sertifikat halalnya masih dinyatakan valid hingga tahun 2018/2019. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai potret UKM kota Surakarta berdasarkan status sertifikasi halal. Selanjutnya, hasil pemetaan ini dapat digunakan sebagai acuan bagi pemerintah kota Surakarta untuk merancang program yang mampu mendorong percepatan perolehan sertifikasi halal bagi pelaku UKM.

**Kata kunci :** sertifikasi halal, statistika deskriptif, UKM

## 1. PENDAHULUAN

Produk halal saat ini memiliki permintaan yang sangat tinggi seiring dengan meningkatnya populasi muslim dunia. Populasi muslim dunia pada tahun 2030

diperkirakan mencapai 2,2 miliar atau 27% dari total populasi. Data *Global State of Islamic Economic* menyebutkan bahwa permintaan produk halal dunia selama kurun waktu 2013 sampai 2019 mengalami

pertumbuhan sebesar 9,5% atau dari 2 triliun dollar AS pada tahun 2013 menjadi 3,7 triliun dollar AS pada tahun 2019. Bahkan, produk halal tidak hanya diminati oleh konsumen muslim. Golnaz, Zainalabidin, Mad Nasir, & Chiew (2010); Raihana & Kauthar (2014); dan Mathew, Raudah, & Nurazizah (2014) menyatakan bahwa konsumen non muslim Malaysia juga menaruh perhatian pada aspek kehalalan produk. Menurut persepsi konsumen non muslim, produk dengan sertifikat halal menunjukkan bahwa produk tersebut memiliki standar kualitas yang tinggi, baik dalam hal bahan baku, proses produksi, sampai dengan proses logistiknya. Besarnya potensi pasar produk halal ini tentu sangat menarik bagi pelaku industri, termasuk dari kalangan UKM Indonesia. Apalagi Indonesia merupakan negara dengan populasi muslim terbesar di dunia sehingga menjadi pasar potensial untuk produk halal. Dengan peluang ini, seharusnya UKM Indonesia mampu menjadi pemain utama di pasar dalam negeri.

UKM memiliki peranan yang penting dalam pembangunan ekonomi Indonesia dimana UKM mampu memberikan kontribusi terhadap PDB atas dasar harga konstan sebesar 57,6% (Anas, et al., 2015). Namun demikian, UKM Indonesia masih memiliki beberapa kendala untuk meningkatkan daya saingnya termasuk kendala dalam pengajuan sertifikasi halal sebagai salah satu faktor penunjang bagi UKM dalam meningkatkan daya saing (Maryati, Syarief, & Hasbullah, 2016; Viverita, Kusumastuti, & Rachmawati, 2017). Berbagai faktor kendala tersebut mengakibatkan rendahnya tingkat sertifikasi halal di kalangan UKM sebagaimana hasil penelitian Maryati, Syarief, & Hasbullah (2016) yang menyatakan bahwa 60% UMKM makanan beku di Jabodetabek tidak memiliki sertifikasi halal. Padahal menurut Nooh, Nawai, Dali, & Mohammad (2007), sertifikasi halal bagi produk UKM telah menjadi tuntutan konsumen dan merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keputusan pembelian oleh konsumen. Hasil penelitian Nooh, Nawai, Dali, & Mohammad (2007) ini didukung oleh Prabowo, Rahman, Rahman, & Samah (2015) yang menyatakan bahwa label halal menjadi salah satu faktor yang menarik perhatian konsumen muslim sebelum melakukan keputusan pembelian.

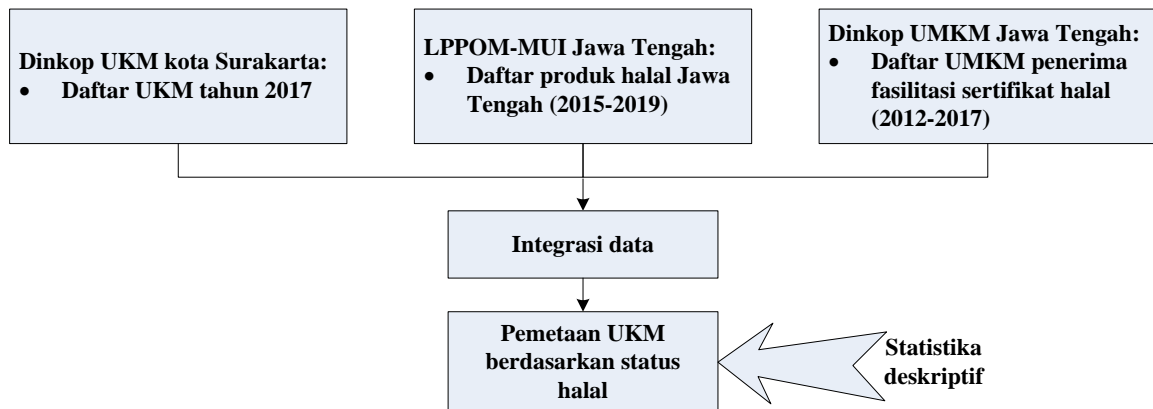
Penelitian tentang sertifikasi halal dari sudut pandang UKM di Indonesia yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya lebih banyak berfokus pada persepsi pelaku UKM

terhadap sertifikasi halal (Abdul, Ismail, Mustapha, & Kusuma, 2013; Viverita, Kusumastuti, & Rachmawati, 2017, dan tantangan yang dihadapi UKM dalam pengajuan sertifikasi halal (Maryati, Syarief, & Hasbullah, 2016; Viverita, Kusumastuti, & Rachmawati, 2017). Penelitian terkait pemetaan UKM berdasarkan status sertifikasi halal baru dilakukan oleh Maryati, Syarief, & Hasbullah (2016) dengan mengambil obyek UMKM makanan beku di wilayah Jabodetabek. Padahal gambaran penyebaran UKM berdasarkan status sertifikasi halal merupakan langkah awal untuk mengetahui potret UKM di suatu wilayah serta menjadi dasar dalam menyusun strategi dan upaya percepatan perolehan sertifikasi halal bagi kalangan UKM.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan memetakan kondisi UKM berdasarkan status sertifikasi halal dengan obyek penelitian UKM pangan kota Surakarta. Data dari Dinas Koperasi dan UKM kota Surakarta menyebutkan bahwa pada tahun 2017 terdapat 1224 UKM bidang kuliner. Namun data UKM kuliner dari Dinas Koperasi dan UKM kota Surakarta ini belum terintegrasi dengan data sertifikasi halal dari LPPOM-MUI Jawa Tengah sehingga belum dapat diketahui tingkat kesadaran UKM terhadap sertifikasi halal. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai potret UKM kuliner kota Surakarta berdasarkan status sertifikasi halal.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan statistika deskriptif untuk mendapatkan gambaran UKM kota Surakarta berkaitan dengan status sertifikasi halal. Obyek penelitian ialah UKM yang terdaftar di Dinas Koperasi dan UKM kota Surakarta. Data yang digunakan ialah data sekunder berupa daftar dan profil UKM yang diperoleh dari Dinas Koperasi dan UKM kota Surakarta, data produk halal Jawa Tengah dari LPPOM-MUI Provinsi Jawa Tengah dan daftar UMKM penerima program fasilitasi sertifikasi halal dari Dinas Koperasi dan UMKM Provinsi Jawa Tengah. Data dari ketiga instansi tersebut kemudian diintegrasikan untuk memperoleh data yang komprehensif mengenai pemetaan UKM berdasarkan status sertifikasi halal menggunakan statistika deskriptif. Diagram alir proses pemetaan UKM ditampilkan pada Gambar 1.

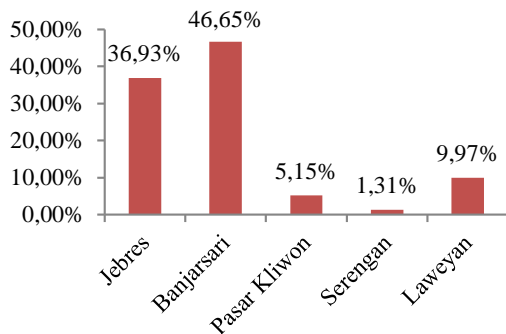


Gambar 1. Alur Proses Pemetaan UKM

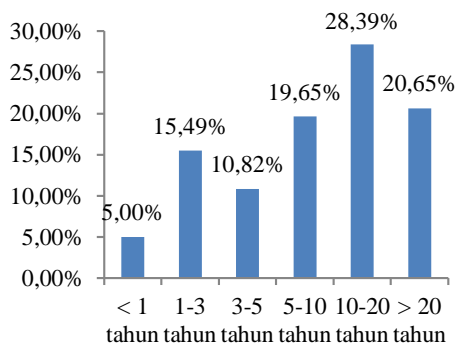
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Karakteristik UKM kuliner kota Surakarta

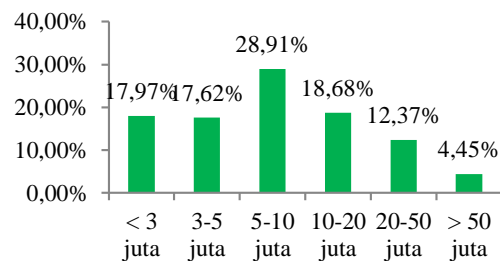
Karakteristik UKM kuliner kota Surakarta diidentifikasi melalui beberapa hal yaitu persebaran di tiap kecamatan, masa usaha, dan omset sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 sampai dengan Gambar 4. Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa lebih dari 70% UKM kuliner berada di kecamatan Jebres dan Banjarsari. Menurut umur usaha dan omset per bulan, lebih dari 60% UKM telah berumur di atas lima tahun dengan omset per bulan di atas 5 juta.



Gambar 2. Persebaran lokasi



Gambar 3. Persebaran umur usaha



Gambar 4. Persebaran omset per bulan

#### 3.2 Statistik halal UKM kuliner kota Surakarta

UKM kuliner yang terdaftar di Dinas Koperasi dan UKM kota Surakarta pada tahun 2017 ialah sebanyak 1224 usaha. Dari sejumlah usaha tersebut, baru 48 UKM atau 3,92% UKM yang telah mendapatkan sertifikasi halal. 48 UKM yang telah mendapatkan sertifikasi halal tersebut tersebar di lima kecamatan dengan konsentrasi terbesar (> 68%) berada di kecamatan Jebres dan Banjarsari (Tabel 1). Hal ini sesuai dengan karakteristik persebaran UKM kuliner yang memang 70% berada di dua kecamatan tersebut. Ditinjau dari umur usahanya, UKM dengan sertifikasi halal tidak terkonsentrasi pada umur usaha tertentu. Rentang umur usaha UKM yang telah mendapatkan sertifikasi halal antara 2 tahun sampai lebih dari 20 tahun. Hal ini berarti bahwa umur usaha tidak menjadi faktor penentu bagi pelaku UKM untuk mengurus sertifikasi halal sebagaimana hasil penelitian yang dilakukan oleh Rafiki (2014). Demikian juga jika ditinjau dari omset per bulan dimana UKM dengan sertifikat halal memiliki omset per bulan dalam rentang di bawah Rp 2 juta sampai dengan di atas Rp 20 juta.

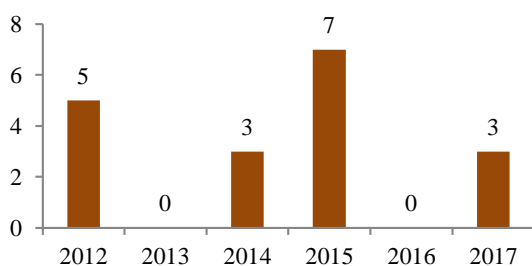
Untuk menstimulasi UKM dalam mengurus sertifikasi halal, Dinas Koperasi dan UMKM



Provinsi Jawa Tengah telah menganggarkan program fasilitasi bagi beberapa UKM untuk dapat mengurus sertifikasi halal secara gratis. Sejak tahun 2012 – 2017, sebanyak 350 UKM di wilayah Provinsi Jawa Tengah telah menikmati program tersebut. Untuk kota Surakarta, terdapat 18 UKM yang mendapatkan program fasilitasi dari Dinas Koperasi dan UMKM Provinsi Jawa Tengah untuk melakukan pengurusan sertifikasi halal secara gratis di mana jumlah penerima program fasilitasi tiap tahunnya tidak tetap (Gambar 5).

**Tabel 1.** Persebaran UKM dengan sertifikat halal

Kecamatan	Persebaran	
	Jumlah	Persentase
Jebres	15	31,25%
Banjarsari	18	37,50%
Pasar Kliwon	5	10,42%
Serengan	2	4,17%
Laweyan	8	16,67%



**Gambar 5.** Jumlah UKM kuliner kota Surakarta yang mendapatkan fasilitasi sertifikasi halal

Berdasarkan masa berlaku sertifikat halal, dari 48 UKM yang pernah mendapatkan sertifikat halal tersebut, terdapat 28 UKM yang sertifikat halalnya masih dinyatakan valid hingga tahun 2018/2019. Sedangkan 20 UKM tidak mengurus perpanjangan masa berlaku sertifikat halal. Sedangkan dari 18 UKM yang mendapatkan fasilitasi dari pemerintah dalam pengurusan sertifikasi halal, hanya 3 UKM yang sertifikat halalnya masih dinyatakan valid hingga tahun 2018/2019.

### 3.3 Pembahasan

Statistik halal yang telah dijabarkan pada sub-bab sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat sertifikasi halal UKM masih rendah. Hal ini ditunjukkan oleh persentase UKM bersertifikat halal yang baru 3,92%. Di lingkup provinsi, data Dinas Koperasi dan UMKM Provinsi Jawa Tengah menunjukkan bahwa

UMKM yang telah mengurus sertifikasi halal bagi produknya baru sekitar 494 usaha dari sekitar 5,1 UMKM yang terdaftar atau sekitar 0,01%. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Tawil, Ramlee, Jaafar, & Saat (2015) yang menyimpulkan bahwa tingkat kepatuhan UKM di Malaysia terhadap sertifikasi halal masih rendah meskipun pelaku UKM memiliki persepsi yang positif terhadap sertifikasi halal. Viverita, Kusumastuti, & Rachmawati (2017) juga menyatakan bahwa sebagian besar UKM di wilayah Jakarta menyadari pentingnya sertifikasi halal terhadap perkembangan usahanya namun UKM tersebut menghadapi berbagai tantangan atau hambatan dalam pengurusan sertifikasi halal.

Rendahnya tingkat sertifikasi halal di kalangan UKM juga diperkuat dengan masih banyaknya UKM yang tidak mengurus perpanjangan sertifikat halal. Sertifikat halal memiliki masa berlaku 2 tahun. Sebelum masa berlaku habis, pengusaha seharusnya mengurus perpanjangan sertifikat halal. Dan bagi UKM yang memperoleh program fasilitasi dari pemerintah, proses perpanjangan sertifikasi halal harus diupayakan secara mandiri. Kendala biaya pengurusan sertifikasi halal menjadi salah satu faktor penghambat bagi UKM, baik bagi UKM yang baru akan pertama kali melakukan sertifikasi halal atas produknya maupun bagi UKM yang akan memperpanjang masa sertifikasi (Maryati, Syarief, & Hasbullah, 2016; Prabowo, Rahman, Rahman, & Samah, 2015; Talib, Hamid, & Chin, 2015; Viverita, Kusumastuti, & Rachmawati, 2017). Hal ini ditunjukkan oleh data dimana 15 UKM yang memperoleh program fasilitasi pengurusan sertifikasi halal secara gratis dari pemerintah ternyata tidak melakukan pengurusan perpanjangan sertifikasi halal setelah masa berlaku sertifikat habis. Faktor lain yang menjadi kendala dalam pengurusan sertifikasi halal bagi UKM ialah kelengkapan dokumen dan prosedur sertifikasi halal (Maryati, Syarief, & Hasbullah, 2016; Talib, Hamid, & Chin, 2015; Viverita, Kusumastuti, & Rachmawati, 2017), sosialisasi dan informasi (Prabowo, Rahman, Rahman, & Samah, 2015), serta komitmen pelaku usaha dan kompetensi SDM (Prabowo, Rahman, Rahman, & Samah, 2015; Talib, Hamid, & Chin, 2015).

## 4. KESIMPULAN

Dinas Koperasi dan UMKM Provinsi Jawa Tengah menargetkan pada tahun 2019

seluruh produk UMKM sudah 100% bersertifikat halal. Hasil pemetaan UKM kuliner berdasarkan status sertifikasi halal pada penelitian ini dapat menjadi acuan bagi pemerintah dalam merancang program untuk mencapai target 100% UMKM halal tersebut. Program fasilitasi seharusnya tidak hanya berfokus pada perolehan sertifikasi halal bagi UKM tetapi juga seharusnya dirancang program agar UKM yang telah memperoleh sertifikasi halal memiliki kesadaran dan kemampuan untuk memperpanjang masa berlaku sertifikasi halal.

Penelitian ini baru sebatas memberikan data deskriptif mengenai potret UKM kuliner kota Surakarta berdasarkan perolehan sertifikasi halal yang dilengkapi dengan analisis penyebab rendahnya tingkat sertifikasi halal berdasarkan hasil studi literatur dari penelitian sebelumnya. Salah satu hambatan bagi UKM dalam memperoleh sertifikasi halal ialah prosedur atau kriteria pemenuhan sistem jaminan halal yang dianggap terlalu banyak dan rumit. Dalam upaya meningkatkan jumlah UKM yang bersertifikat halal, maka perlu adanya prioritas bagi UKM dalam memenuhi kriteria sistem jaminan halal tersebut.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ristekdikti yang telah memberi dukungan finansial pada penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula pendanaan tahun 2018.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, M., Ismail, H., Mustapha, M., & Kusuma, H. (2013). Indonesian Small Medium Enterprises (SMEs) and Perceptions on Halal Food Certification. *African Journal of Business Management*, 7(16), 1492-1500.
- Anas, T., Narjoko, D. A., Simangunsong, A., Sari, Y. R., Manullang, N., Purwanti, W., et al. (2015). *Pemetaan dan Strategi Peningkatan Daya Saing UMKM dalam Menghadapi MEA 2015 dan Pasca MEA 2015*. Working Paper.
- Golnaz, R., Zainalabidin, Mad Nasir, & Chiew, F. C. (2010). Non-Muslims Awareness of Halal Principles and Related Food Products in Malaysia.

- International Food Research Journal*, 17, 667-674.
- Maryati, T., Syarief, R., & Hasbullah, R. (2016). Analisis Faktor Kendala dalam Pengajuan Sertifikat Halal (Studi Kasus: Pelaku Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah Makanan Beku di Jabodetabek). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, 4(3), 364-371.
- Mathew, V. N., Raudah, A. M., & Nurazizah, S. (2014). Acceptance on Halal Food among Non-Muslim Consumers. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 121, 262-271.
- Nooh, M. N., Nawai, N., Dali, N. R., & Mohammad, H. (2007). Halal Certification: What the SME Producers Should Know. *Proceedings of the 1st Entrepreneurship & Management International Conference*. Kangar, Perlis.
- Prabowo, S., Rahman, A. A., Rahman, S. A., & Samah, A. A. (2015). Revealing Factors Hindering Halal Certification in East Kalimantan Indonesia. *Journal of Islamic Marketing*, 6(2), 268-291.
- Rafiki, A. (2014). Determinants on the Obtainment of Halal Certification Among Small Firms. *World Applied Sciences Journal*, 32(1), 47-55.
- Raihana, F., & Kauthar. (2014). Perception of Non-Muslim Consumers towards Halal Products in Malaysia. *International Journal of Accounting and Business Management*, 2(1), 128-133.
- Talib, M. S., Hamid, A. B., & Chin, T. A. (2015). Motivations and Limitations in Implementing Halal Food Certification: A Pareto Analysis. *British Food Journal*, 117(11), 2664-2705.
- Tawil, N. M., Ramlee, S., Jaafar, J., & Saat, F. M. (2015). An Overview of Foodpreneur Awareness among Small and Medium-Sized Enterprises (SME) of Halal Certification. *Asian Social Sciences*, 11(21), 91-94.
- Viverita, Kusumastuti, R. D., & Rachmawati, R. (2017). Motives and Challenges of Small Businesses for Halal Certification: The Case of Indonesia. *World Journal of Social Sciences*, 7(1), 136-146.

# PENGARUH KUALITAS PRODUK DAN CITRA MEREK TERHADAP KEPUASAN KONSUMEN DAN MINAT BELI ULANG: STUDI PADA PRODUK EATLAH

Wibawa Prasetya<sup>1</sup>, Careen Yulius<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Unika Atma Jaya, Jakarta

<sup>2</sup>The London School of Public Relation-Jakarta

e-mail : <sup>1</sup>wibawaprasetya20@yahoo.com,<sup>2</sup>careen.yulius@gmail.com

## ABSTRACT

*Eatlah is a restaurant that offers food coated with salted egg sauce, known for its food called salted egg chicken. This food is currently famous among the culinary trend in Indonesia. Eatlah continues to grow and strive to survive in the tight competition of the food business. Product quality and brand image are important factors that determine the customer satisfaction, especially for those businesses offering food. Customer satisfaction also can affect the repurchase intention of customer. But the efforts done by Eatlah doesn't rule out the possibility of complaints and disappointments from the customers. This research aims to find out whether there is an influence of product quality and brand image on customer satisfaction and repurchase intention on the study on Eatlah product. This research uses a quantitative method with sampling technique which is purposive sampling. Primary data is collected by spreading an online questionnaire to every consumer that has consumed Eatlah more than twice in Jakarta with a total amount of 140 respondents. The analysis technique used is SEM (Structural Equation Modeling) with LISREL 8.70 program. From the result of this research, it is proven that product quality has an influence on brand image but has no influence on customer satisfaction, whereas brand image influences the customer satisfaction. It is also proven that product quality, brand image and customer satisfaction have no influence on repurchase intention.*

**Keywords :** Brand image, customer satisfaction, product quality, repurchase intention

## INTISARI

Eatlah merupakan sebuah restoran yang menyajikan makanan yang dibaluri saus telur asin dengan makanan ciri khasnya yaitu ayam saus telur asin. Makanan ini merupakan makanan yang sedang populer di tren kuliner Indonesia. Eatlah terus berkembang dan berusaha untuk bertahan dalam persaingan bisnis makanan yang ketat. Kualitas produk dan citra merek merupakan faktor penting yang menentukan kepuasan konsumen, khususnya bagi pelaku bisnis yang menawarkan produk makanan. Kepuasan konsumen kemudian dapat berdampak kepada minat beli ulang. Tetapi usaha yang dilakukan Eatlah selama ini tidak menutupi kemungkinan adanya keluhan dan kekecewaan yang muncul dari para konsumen. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adakah pengaruh kualitas produk dan citra merek terhadap kepuasan konsumen dan minat beli ulang studi pada produk Eatlah. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan teknik sampling Purposive Sampling. Data primer dikumpulkan dengan menyebarkan kuesioner online kepada responden dengan karakteristik yang ditentukan yaitu seluruh konsumen yang pernah mengonsumsi Eatlah minimal dua kali di Jakarta berjumlah 140 orang. Teknik analisa yang digunakan adalah SEM (Structural Equation Modeling) dengan program LISREL 8.70. Dari hasil penelitian, dapat diketahui bahwa kualitas produk berpengaruh terhadap citra merek tetapi tidak mempengaruhi kepuasan konsumen, sedangkan citra merek berpengaruh terhadap kepuasan konsumen. Dapat diketahui juga bahwa kualitas produk, citra merek dan kepuasan konsumen tidak berpengaruh terhadap minat beli ulang.

**Kata kunci :** Citra merek, kepuasan konsumen, kualitas produk, minat beli ulang

## 1. PENDAHULUAN

Makanan dan minuman adalah sebuah kebutuhan pokok untuk setiap manusia. Setiap manusia membutuhkan makanan dan minuman untuk bertahan hidup.

Pada Triwulan III tahun 2017, pertumbuhan industri makanan dan minuman sebesar 9,46 persen atau naik dibanding capaian di triwulan II 2017 sekitar 7,19 persen. Menurut Menperin, industri makanan

minuman merupakan salah satu sektor yang strategis dan masih mempunyai prospek cukup cerah untuk ditumbuh kembangkan di Indonesia (Kemenperin, n.d.).

Gaya hidup masyarakat Indonesia khususnya di Jakarta yang konsumtif terhadap makanan dapat mendukung perkembangan industri makanan dan minuman. Berdasarkan hasil riset dari Badan Pusat Statistik (BPS, 2017) ditemukan bahwa rata-rata pengeluaran per kapita sebulan di DKI Jakarta terus mengalami peningkatan dari tahun 2007-2015, dimana di tahun 2007 berada di angka 272 821 dan di tahun 2015 meningkat sampai di angka 615 486.

Dengan adanya pertumbuhan pada industri makanan dan minuman serta gaya hidup masyarakat Jakarta yang konsumtif terhadap makanan memberikan peluang berbisnis makanan di Jakarta. Belakangan ini muncul beberapa kuliner baru yang sedang *hits* di kalangan masyarakat, salah satunya *salted egg chicken* alias ayam saus telur asin (IDN TIMES, 2017).

Adanya tren ayam saus telur asin ini membuat berbagai pelaku bisnis di Jakarta muncul dan menjual ayam saus telur asin sehingga tercipta kompetisi diantaranya.

Eatlah menyajikan makanan yang dibaluri saus telur asin dengan makanan ciri khasnya yaitu ayam saus telur asin. Eatlah mempunyai perkembangan yang cukup pesat diantara pesaingnya dengan memiliki keseluruhan 10 cabang dalam waktu 2 tahun.

Dengan adanya kompetisi di antara makanan ayam saus telur asin, pelaku bisnis makanan harus menyajikan makanan yang memiliki kualitas lebih baik. Untuk menjaga kualitas produk, Eatlah memastikan makanan yang disajikan mempunyai rasa yang konsisten.

Eatlah juga berusaha menghasilkan citra merek bahwa mereka adalah makanan santai yang dapat diterima di Indonesia dan bukan sekedar makanan yang sedang tren atau kekinian. Untuk mencapai tujuan tersebut, Eatlah menggunakan media sosial yaitu Instagram dengan akun bernama eatlahjkt untuk menunjukkan kepada masyarakat bahwa Eatlah banyak diminati dan mengapa masyarakat harus mengkonsumsi Eatlah.

Sejak Eatlah muncul dan mulai menjadi salah satu tempat makan di Jakarta, tentunya menuai berbagai keluhan dan kekecewaan dari konsumen.

Oleh karena itu tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh kualitas produk terhadap citra merek.
2. Untuk mengetahui pengaruh kualitas produk terhadap kepuasan konsumen.
3. Untuk mengetahui pengaruh kualitas produk terhadap minat beli ulang.
4. Untuk mengetahui pengaruh citra merek terhadap kepuasan konsumen.
5. Untuk mengetahui pengaruh citra merek terhadap minat beli ulang.
6. Untuk mengetahui pengaruh kepuasan konsumen terhadap minat beli ulang.

### **Teori Kepuasan (*the expectancy disconfirmation model*)**

Teori kepuasan (*the expectancy disconfirmation model*) adalah model yang menjelaskan bagaimana kepuasan atau ketidakpuasan konsumen terbentuk. Model ini merupakan dampak perbandingan antara harapan konsumen sebelum pembelian atau konsumsi dengan yang sesungguhnya diperoleh konsumen dari produk yang dibeli tersebut (Sudaryono, 2014). Hasil dari perbandingan dapat dikelompokkan menjadi *disconfirmation* dan *confirmation* (Sumarwan dalam Sudaryono, 2014). Menurut Sumarwan (2017) secara rinci hasil perbandingan meliputi:

1. **Positive Disconfirmation** atau diskonfirmasi positif, terjadi jika produk berfungsi lebih baik dari yang diharapkan konsumen. Jika ini terjadi, maka konsumen akan merasa puas.
2. **Simple Confirmation** atau konfirmasi sederhana, terjadi jika produk berfungsi seperti yang diharapkan konsumen. Produk tersebut tidak memberikan rasa puas dan tidak mengecewakan konsumen. Konsumen akan memiliki perasaan netral.
3. **Negative Disconfirmation** atau diskonfirmasi negatif, terjadi jika produk berfungsi lebih buruk dari yang diharapkan konsumen. Produk yang berfungsi buruk, tidak sesuai dengan harapan konsumen akan menyebabkan kekecewaan, sehingga konsumen merasa tidak puas.

Ketika konsumen membeli suatu produk maka ia memiliki harapan mengenai bagaimana produk tersebut seharusnya berfungsi. Harapan tersebut adalah standar kualitas yang akan dibandingkan dengan fungsi atau kualitas produk yang sesungguhnya dirasakan konsumen. Fungsi produk yang sesungguhnya dirasakan konsumen (*actual performance*) sebenarnya

adalah persepsi konsumen atas kualitas produk tersebut (Sumarwan, 2017).

#### **Kualitas Produk**

Menurut Kotler dan Keller (dalam Lasander, 2013) kualitas produk adalah keseluruhan kualitas atau keunggulan suatu produk atau jasa layanan berkaitan dengan apa yang diharapkan oleh pelanggan. Menurut Kotler dan Armstrong (dalam Rizan dan Andika, 2011) kualitas produk adalah karakteristik sebuah produk atau jasa yang memberikan kemampuan untuk mencukupi kebutuhan pelanggan.

#### **Citra Merek**

*Brand image* atau citra merek merupakan serangkaian sifat yang berwujud dan tidak berwujud, seperti ide, keyakinan, nilai-nilai, kepentingan, dan fitur yang membuatnya menjadi unik (Hasan, 2013). *Brand image* adalah kepribadian atau citra yang dibangun dalam alam bawah sadar konsumen melalui informasi dan ekspektasi yang diharapkan melalui produk atau jasa (Sudaryono, 2016).

#### **Kepuasan Konsumen**

Menurut Kotler dan Keller (dalam Sudaryono, 2016) kepuasan konsumen adalah perasaan konsumen, baik itu berupa kesenangan atau ketidakpuasan yang timbul dari membandingkan sebuah produk dengan harapan konsumen atas produk tersebut. Menurut Mowen dan Minor (dalam Sudaryono, 2016) kepuasan konsumen didefinisikan sebagai keseluruhan sikap yang ditunjukkan konsumen atas barang dan jasa setelah mereka memperoleh dan menggunakannya.

#### **Minat Beli Ulang**

Menurut Cronin et al. (dalam Faradisa, Hasiholan, & Minarsih, 2016) minat beli ulang adalah perilaku pelanggan dimana pelanggan merespons positif terhadap suatu produk/jasa dari suatu perusahaan dan berniat mengkonsumsi kembali produk perusahaan tersebut. Menurut Kinnear dan Taylor (dalam Saidani dan Arifin, 2012) minat pembelian ulang adalah niat untuk melakukan pembelian kembali pada kesempatan mendatang.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk

meneliti pada populasi atau sampel tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian dan analisis data bersifat kuantitatif/statistik, dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan (Sugiyono, 2008).

#### **Populasi**

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas: obyek/subyek yang mempunyai kualitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2008). Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh konsumen yang pernah mengkonsumsi Eatlah di Jakarta dengan jumlah yang tidak diketahui.

#### **Sampel**

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut (Sugiyono, 2008). Peneliti menggunakan teknik *Non-Probability Sampling* dimana setiap unsur yang terdapat dalam populasi tidak memiliki kesempatan atau peluang yang sama untuk dipilih sebagai sampel. Pemilihan *sampling* yang digunakan peneliti adalah *Purposive Sampling* yang merupakan metode penetapan responden untuk dijadikan sampel berdasarkan pada kriteria-kriteria tertentu (Siregar, 2013). Peneliti menentukan sampel dengan karakteristik tertentu yaitu seluruh konsumen yang pernah mengkonsumsi Eatlah minimal dua kali di Jakarta.

Ukuran sampel yang digunakan berdasarkan *Maximum Likelihood* (ML) dimana menurut Bentler dan Chou (dalam Wijanto, 2015) ukuran sampel yang diperlukan paling rendah 5 – 10 responden untuk setiap indikator (variabel teramati). Maka jumlah responden yang dibutuhkan adalah 5 dikali 26 indikator dengan jumlah 130 responden.

#### **Metode Pengumpulan Data**

Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data dilakukan dengan membagikan kuesioner *online* kepada responden. Kuesioner merupakan daftar pertanyaan yang disusun secara sistematis, kemudian dikirim untuk diisi oleh responden (Bungin, 2010).

#### **Metode Analisa Data Dengan Metode Structural Equation Modelling (SEM)**

Dalam penelitian ini alat analisis data yang digunakan adalah SEM (*Structural Equation*

*Modelling*). SEM merupakan suatu teknik analisis multivariat generasi kedua yang menggabungkan analisis faktor dan analisis jalur sehingga memungkinkan peneliti untuk menguji dan mengestimasi secara simultan hubungan antara beberapa variabel laten eksogen dan endogen dengan banyak indikator (Yamin, 2014).

SEM terdiri dari dua jenis variabel yaitu variabel laten dan variabel teramati. Ada dua jenis variabel laten, yaitu variabel laten eksogen yang berarti variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel lainnya (variabel bebas) dan variabel laten endogen yang berarti variabel yang dipengaruhi oleh variabel laten eksogen. Variabel laten dapat diukur dengan bantuan variabel teramati atau sering disebut juga sebagai indikator dan *item* (Yamin, 2014).

Menurut Bollen dan Long (dalam Wijanto, 2015) prosedur SEM secara umum akan mengandung tahap-tahap sebagai berikut:

#### 1. Spesifikasi model (*model specification*)

Tahap ini berkaitan dengan pembentukan model awal persamaan struktural, sebelum dilakukan estimasi. Model awal ini diformulasikan berdasarkan suatu teori atau penelitian sebelumnya.

#### 2. Identifikasi (*identification*)

Tahap ini berkaitan dengan pengkajian tentang kemungkinan diperolehnya nilai yang unik untuk setiap parameter yang ada di dalam model dan kemungkinan persamaan simultan tidak ada solusinya. Dalam SEM, diusahakan untuk memperoleh model yang *over-identified* dengan nilai *Degree of Freedom* > 0.

#### 3. Estimasi (*estimation*)

Tahap ini berkaitan dengan estimasi terhadap model untuk menghasilkan nilai-nilai parameter dengan menggunakan salah satu metode estimasi yang tersedia. Pemilihan metode estimasi yang digunakan seringkali ditentukan berdasarkan karakteristik dari variabel-variabel yang dianalisis.

#### 4. Uji kecocokan (*testing fit*)

Tahap ini berkaitan dengan pengujian kecocokan antara model dengan data. Beberapa kriteria ukuran kecocokan atau *Goodness of Fit* (GoF) dapat digunakan untuk melaksanakan langkah ini.

#### 5. Respesifikasi (*respecification*)

Tahap ini berkaitan dengan respesifikasi model berdasarkan atas hasil uji kecocokan tahap sebelumnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, metode analisa data *Structural Equation Modelling* menggunakan program LISREL 8.70. Penilaian model fit tidak hanya bergantung pada satu indeks fit, tetapi mempertimbangkan seluruh indeks fit (Latan, 2013). Menurut Hair et.al. (dalam Latan, 2013) penggunaan 4 – 5 kriteria *Goodness of Fit* dianggap sudah mencukupi kelayakan model asalkan masing – masing kriteria *Goodness of Fit* terwakili. Adapun kriteria *Goodness of Fit* terdiri dari GoF Absolut, GoF Incremental dan GoF Parsimoni (Yamin, 2014). Secara keseluruhan penilaian model fit dapat dinilai berdasarkan ukuran fit sebagai berikut:

Berdasarkan hasil rekapitulasi penilaian *Goodness of Fit Statistics* dapat diketahui adanya jumlah *fit* sebanyak 14 dan tidak *fit* sebanyak 6. Maka dapat disimpulkan model penelitian ini *Fit*.

Setelah model dikatakan *Fit*, maka tahap selanjutnya adalah evaluasi model pengukuran. Evaluasi ini dilakukan terhadap setiap konstruk atau model pengukuran (hubungan antara sebuah variabel laten dengan beberapa indikator) secara terpisah (Wijanto, 2015).

*Convergent Validity* dapat digunakan untuk mengetahui sejauh mana suatu indikator atau variabel teramati yang diukur mencerminkan konstruk. *Convergent Validity* dapat dilihat dari beberapa ukuran yaitu *factor loading*, *Construct Reliability* (CR), dan *Average Variance Extracted* (AVE) (Yamin, 2014).

Menurut Igarria et.al. (dalam Wijanto, 2015) menyatakan bahwa muatan faktor standard (SFL)  $\geq 0,50$  adalah sangat baik. Dalam penelitian ini, semua nilai *loading factor*  $\geq 0,50$  maka tidak ada indikator yang perlu dieliminasi.

Kedua adalah *Construct Reliability* yang memiliki makna yang sama dengan Cronbach's Alpha sebagai ukuran reliabilitas konsistensi internal (Yamin, 2014). Menurut Hair (dalam Yamin, 2014) nilai CR yang diharapkan adalah  $CR \geq 0,70$ , akan tetapi nilai CR terletak antara 0,60 – 0,70 masih diterima dengan catatan nilai validitas dari indikator menunjukkan hasil yang bagus.

Ketiga adalah *Average Variance Extracted* (AVE) dimana hasil AVE menunjukkan makna besarnya kandungan variasi indikator yang mampu dikandung oleh konstruk (Yamin, 2014). Menurut Hair (dalam Yamin, 2014) nilai AVE yang dapat diterima adalah  $AVE \geq 0,50$ .

Dalam penelitian ini, seluruh nilai CR dan AVE memenuhi kriteria yang artinya semua



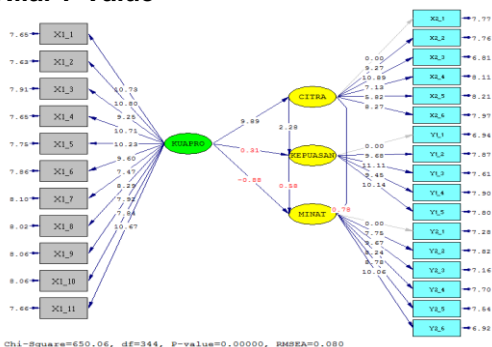
indikator dalam variabel Kualitas Produk, Citra Merek, Kepuasan Konsumen dan Minat Beli Ulang dapat menjelaskan variabel laten

Kualitas Produk, Citra Merek, Kepuasan Konsumen dan Minat Beli Ulang.

**Tabel 1.** Hasil Rekapitulasi Penilaian *Goodness of Fit Statistics*

Ukuran GOF	Parameter	Hasil GOF	Kesimpulan
Normed Chi-Square	$\geq 1 - \leq 5$	1,89	Fit
P Chi-Square	$> 0,05$	0,0	Tidak Fit
NCP	Nilai Kecil	306,06	Tidak Fit
GFI	$\geq 0,90$	0,75	Tidak Fit
AGFI	$\geq 0,90$	0,70	Tidak Fit
RMR	Nilai Kecil Mendekati 0	0,029	Fit
Standardized RMR	0,05 – 0,10	0,055	Acceptable Fit
RMSEA	0,05 - $\leq$ 0,08	0,080	Adequate Fit
P-Value RMSEA	$> 0,05$	0,00	Tidak Fit
ECVI	Nilai kecil dari Saturated (5,84)	5,57	Fit
NFI	$\geq 0,90$	0,95	Good Fit
CFI	$\geq 0,90$	0,97	Good Fit
NNFI	$\geq 0,90$	0,97	Good Fit
RFI	$\geq 0,90$	0,94	Good Fit
IFI	$\geq 0,90$	0,97	Good Fit
AIC	Nilai kecil dari Saturated (812,00) dan Independence (12846,01)	774,06	Fit
CAIC	Nilai kecil dari Saturated (2412,31) dan Independence (12956,38)	1018,44	Fit
CN	Di atas 200	85,27	Tidak Fit
PGFI	0 – 1	0,64	Fit
PNFI	0 – 1	0,86	Fit

**Nilai T-Value**



**Gambar 1.** T-Value untuk hubungan antar variabel

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat pengaruh setiap variabel, yang menunjukkan hasil:

**a. Kualitas Produk terhadap Citra Merek**

Nilai T-value adalah  $9,89 > 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai

minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Kualitas Produk dengan Citra Merek.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hanaysha, Hilman dan Abdul-Ghani (2014) yang mengatakan bahwa kualitas produk memiliki pengaruh yang signifikan terhadap citra merek.

Disebutkan dalam penelitian Ranjbarian (dalam Ramadhan dan Santosa, 2017) bahwa ketika seorang konsumen mendapatkan suatu produk dengan kualitas yang baik maka dapat membuat citra merek meningkat. Hal ini juga didukung oleh pendapat Hasan (2013) yang mengatakan bahwa *image* dapat dipengaruhi dalam banyak kesempatan, termasuk kesempatan perusahaan menunjukkan kualitas produknya

#### **b. Kualitas Produk terhadap Kepuasan Konsumen**

Nilai T-value adalah  $0,31 < 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_{a2}$  ditolak dan  $H_{o2}$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Kualitas Produk dengan Kepuasan Konsumen.

#### **c. Kualitas Produk terhadap Kepuasan Konsumen**

Nilai T-value adalah  $0,31 < 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_{a2}$  ditolak dan  $H_{o2}$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Kualitas Produk dengan Kepuasan Konsumen.

Hasil penelitian ini sejalan dengan pendapat Kotler dan Keller (dalam Lenzun, Massie dan Adare, 2014) bahwa jika kinerja produk tidak memenuhi harapan, maka konsumen akan merasa tidak puas. Dengan demikian produsen dalam membuat produk harus menyesuaikan diri dengan keinginan dan kebutuhan konsumen.

Hasil penelitian Lasander (2013) mengatakan bahwa kualitas produk bukan satu-satunya faktor yang bisa memuaskan konsumen, tetapi ada faktor-faktor lain seperti citra merek, promosi serta pelayanan yang baik.

#### **d. Kualitas Produk terhadap Minat Beli Ulang**

Nilai T-value adalah  $-0,88 < 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_{a3}$  ditolak dan  $H_{o3}$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Kualitas Produk dengan Minat Beli Ulang.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Santosa (2017) yang mengatakan bahwa kualitas produk memiliki pengaruh yang negatif dan tidak signifikan terhadap minat beli ulang.

Pendapat ini juga didukung oleh Ferdinand (dalam Faradiba dan Astuti, 2013) bahwa selain kualitas produk, harga juga menjadi faktor yang mempengaruhi minat beli konsumen karena harga dapat menjadi patokan kualitas produk. Pendapat tersebut didukung oleh Sugianto dan Sugiharto (2013) bahwa penentuan harga harus memperhatikan kualitas produk karena harga memegang peranan yang penting dalam mengkomunikasikan kualitas produk tersebut. Jika kualitas baik tentunya akan

diikuti dengan harga yang meningkat sehingga menyebabkan jumlah permintaan menurun.

Hal ini sesuai dengan Hukum Permintaan dalam penelitian Christianto (2013) yang menjelaskan adanya hubungan antara perubahan harga terhadap perubahan barang yang diminta yang berbanding terbalik. Menurut Mallios (dalam Christianto, 2013) artinya bila harga naik akan menyebabkan jumlah barang yang diminta akan turun dan sebaliknya.

#### **e. Citra Merek terhadap Kepuasan Konsumen**

Nilai T-value adalah  $2,28 > 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_{o4}$  ditolak dan  $H_{a4}$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Citra Merek dengan Kepuasan Konsumen.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Lasander, 2013) yang mengatakan bahwa citra merek memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kepuasan konsumen.

Selain itu hasil penelitian Ramadhan dan Santosa (2017) mengatakan bahwa menciptakan dan membentuk citra merek yang baik akan mendorong kepuasan pelanggan. Pendapat tersebut juga sejalan dengan pendapat Kurniawati, Suharyono dan Kusumawati (2014) yang mengatakan bahwa citra merek dengan kepuasan konsumen memiliki pengaruh yang positif, dimana semakin baik persepsi citra merek di benak konsumen, maka kepuasan konsumen juga akan semakin tinggi.

#### **f. Citra Merek terhadap Minat Beli Ulang**

Nilai T-value adalah  $0,78 < 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_{a5}$  ditolak dan  $H_{o5}$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Citra Merek dengan Minat Beli Ulang.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Kusdyah (2012) mengatakan bahwa persepsi merek tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap minat beli ulang, dimana merek merupakan apa yang ada di benak konsumen dan dianggap sebagai sebuah nama atau simbol yang kemudian menjadi *image*. Kusdyah (2012) juga berpendapat bahwa persepsi merek kurang bermakna terhadap minat beli ulang konsumen.

Andriadi dan Untarini (2013) mengatakan meningkatkan citra merek dapat digunakan

sebagai salah satu dari berbagai cara untuk meningkatkan niat beli ulang. Hal ini didukung oleh Agarwal & Teas (dalam Kusdyah, 2012) yang mengatakan minat beli ulang dapat dipengaruhi faktor-faktor lain yaitu persepsi harga dan persepsi nama toko.

**g. Kepuasan Konsumen terhadap Minat Beli Ulang**

Nilai T-value adalah  $0,58 < 1,96$ . Batas ukuran T-value yang digunakan adalah nilai minimum 1,96 (Yamin, 2014), sehingga  $H_{a6}$  ditolak dan  $H_{o6}$  diterima. Maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan antara Kepuasan Konsumen dengan Minat Beli Ulang.

Hasil penelitian sebelumnya oleh Ramadhan dan Santosa (2017) mengatakan bahwa kepuasan pelanggan memiliki pengaruh negatif dan tidak signifikan terhadap minat beli ulang.

Menurut Hellier (dalam Ardhanari, 2008) dikatakan bahwa minat pembelian ulang konsumen dipengaruhi oleh berbagai faktor selain kepuasan konsumen, yaitu loyalitas di masa lampau, perubahan biaya yang diharapkan dan preferensi merek.

meningkat maka minat beli ulang juga akan semakin meningkat. Sedangkan jika kualitas produk semakin meningkat maka minat beli ulang akan semakin menurun. Hasil juga menyatakan bahwa citra merek memiliki pengaruh paling besar terhadap minat beli ulang senilai 0,79.

**4. KESIMPULAN**

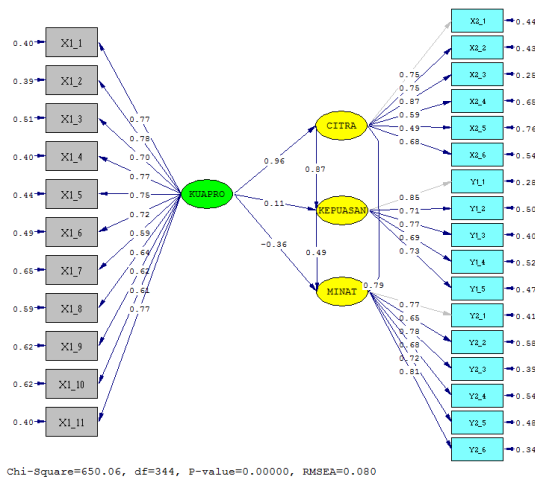
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai pengaruh kualitas produk dan citra merek terhadap kepuasan konsumen dan minat beli ulang pada produk Eatlah, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari kualitas produk terhadap citra merek.
2. Tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari kualitas produk terhadap kepuasan konsumen.
3. Tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari kualitas produk terhadap minat beli ulang.
4. Terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari citra merek terhadap kepuasan konsumen.
5. Tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari citra merek terhadap minat beli ulang.
6. Tidak terdapat pengaruh yang positif dan signifikan dari kepuasan konsumen terhadap minat beli ulang.

Adapun saran yang diberikan tentang penelitian yang telah dilakukan, yaitu:

1. Kontribusi kualitas produk, citra merek dan kepuasan konsumen terhadap minat beli ulang sebesar 86% sedangkan sisa 14% dijelaskan oleh faktor lain. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor-faktor lain diluar kualitas produk, citra merek dan kepuasan konsumen yang mempengaruhi minat beli ulang.
2. Dari hasil penelitian dapat diketahui berbagai *factor loading* terendah dari indikator setiap variabel. Indikator produk sesuai standar pada kualitas produk mempunyai *factor loading* terendah sehingga kemampuan menjelaskan variabel laten perlu ditingkatkan. Indikator keunikan *brand* pada citra merek mempunyai *factor loading* terendah

**Persamaan Struktural**



**Gambar 2.** Standardized seluruh variabel

Berdasarkan gambar *Standardized* diatas, maka dapat diperoleh Persamaan Struktural yaitu:

$$\text{Minat Beli Ulang} = 0,79 \cdot \text{Citra Merek} + 0,49 \cdot \text{Kepuasan Konsumen} - 0,36 \cdot \text{Kualitas Produk}$$

Hasil diatas menunjukkan bahwa jika citra merek dan kepuasan konsumen semakin

sehingga kemampuan menjelaskan variabel laten perlu ditingkatkan. Indikator manfaat produk pada kepuasan konsumen mempunyai *factor loading* terendah sehingga kemampuan menjelaskan variabel laten perlu ditingkatkan. Indikator minat membeli ulang Eatlah mempunyai *factor loading* terendah sehingga kemampuan menjelaskan variabel laten perlu ditingkatkan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia, rahmat, kekuatan, dan dukungan yang diberikan-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada :

1. Prodi Teknik Industri yang memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dengan topik ini sampai dengan selesai
2. Adik adik mahasiswa yang telah banyak membantu untuk mengumpulkan dan mengolah data penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andriadi, A., & Untarini, N. (2013). (2013). Pengaruh Persepsi Kualitas Layanan dan Citra Merek Telkom Flexi Terhadap Niat Beli Ulang. *Jurnal Ilmu Manajemen (JIM)*, 1(2).
- Ardhanari, M. (2012). Customer satisfaction pengaruhnya terhadap brand preference dan repurchase intention private brand. *Jurnal Riset Ekonomi dan Bisnis*, 8(2), 58-69.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Rata-Rata Pengeluaran per Kapita Sebulan di Daerah Perkotaan Menurut Provinsi dan Kelompok Barang (Rupiah), 2007-2015*. Diakses 10 Oktober 2017, dari <https://www.bps.go.id/linkTabelStatistik/view/id/940>
- Bungin, H. M. B. (2010). *Metodologi Penelitian Kuantitatif: Komunikasi, Ekonomi, dan Kebijakan Publik Serta Ilmu-ilmu Sosial Lainnya. (edisi pertama)*. Jakarta: Prenada Media Group.
- Christianto, E. (2013). Faktor yang memengaruhi volume impor beras di Indonesia. *Jurnal Jibeka Volume*, 7(2), 38-43.
- Faradiba, F., & Astuti, S. R. T. (2013). Analisis Pengaruh Kualitas Produk, Harga, Lokasi dan Kualitas Pelayanan Terhadap Minat Beli Ulang Konsumen (Studi pada Warung Makan "Bebek Gendut" Semarang). *Diponegoro Journal of Management*, 59-69.
- Faradisa, I., Hasiholan, L. B., & Minarsih, M. M. (2016). Analisis Pengaruh Variasi Produk, Fasilitas, dan Kualitas Pelayanan terhadap Minat Beli Ulang Konsumen pada Indonesian Coffeeshop Semarang (ICOS CAFÉ). *Journal of Management*, 2(2).
- Hanaysha, J., Hilman, H., & Abdul-Ghani, N. H. (2014). Direct and indirect effects of product innovation and product quality on brand image: Empirical evidence from automotive industry. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(11), 1-7.
- Hasan, A. (2013). *Marketing dan Kasus-Kasus Pilihan*. Yogyakarta: CAPS (Center for Academic Publishing Service).
- Hermawan, B. (2011). Pengaruh Kualitas Produk Terhadap Kepuasan, Reputasi Merek dan Loyalitas Konsumen Jamu Tolak Angin PT. Sido Muncul. *Jurnal Manajemen Teori dan Terapan| Journal of Theory and Applied Management*, 4(2).
- IDN TIMES. (2017). *Resep Salted Egg Chicken, Rasanya Lebih Enak daripada Restoran*. Diakses 11 Januari 2018, dari <https://food.idntimes.com/recipe/birgitta-angie/resep-salted-egg-chicken-hits/full>
- Kemenperin RI. (n.d.). *Tumbuh 9,46 Persen, Industri Mamin Kontributor Terbesar PDB Manufaktur*. Diakses 20 Maret 2018, dari <http://www.kemenperin.go.id/artikel/18384/Tumbuh-9.46-Persen,-Industri-Mamin-Kontributor-Terbesar-PDB-Manufaktur>
- Kurniawati, D., & Suharyono & Kusumawati, A. (2014). Pengaruh Citra Merek dan Kualitas Produk terhadap Kepuasan dan Loyalitas Pelanggan (Studi Pada Pelanggan KFC Cabang Kawi Malang). *Jurnal Administrasi Bisnis*, 14(2).
- Kusdyah, I. (2012). Persepsi Harga, Persepsi Merek, Persepsi Nilai, dan Keinginan Pembelian Ulang Jasa Clinic Kesehatan (Studi Kasus Erha Clinic Surabaya). *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 7(1), 25-32.

- Lasander, C. (2013). Citra Merek, Kualitas Produk, dan Promosi Pengaruhnya Terhadap Kepuasan Konsumen pada Makanan Tradisional. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 1(3).
- Latan, H. (2013). *Structural Equation Modeling: Konsep dan Aplikasi, Menggunakan Program Lisrel 8.80*. Bandung: Alfabeta.
- Lenzun, J. J., Massie, J. D., & Adare, D. (2014). Pengaruh Kualitas Produk, Harga Dan Promosi Terhadap Kepuasan Pelanggan Kartu Prabayar Telkomsel. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis dan Akuntansi*, 2(3).
- Ramadhan, A. G., & Santosa, S. B. (2017). Analisis Pengaruh Kualitas Produk, Kualitas Pelayanan, dan Citra Merek terhadap Minat Beli Ulang pada Sepatu Nike Running di Semarang melalui Kepuasan Pelanggan sebagai Variabel Intervening. *Diponegoro Journal of Management*, 6(1), 59-70.
- Rizan, M., & Andika, F. (2011). Pengaruh Kualitas Produk Dan Kualitas Pelayanan terhadap Kepuasan Pelanggan (Survei Pelanggan Suzuki, Dealer Fatmawati, Jakarta Selatan). *JRMSI-Jurnal Riset Manajemen Sains Indonesia*, 2(2), 130-150.
- Saidani, B., & Arifin, S. (2012). Pengaruh kualitas produk dan kualitas layanan terhadap kepuasan konsumen dan minat beli pada ranch market. *JRMSI-Jurnal Riset Manajemen Sains Indonesia*, 3(1), 1-22.
- Siregar, S. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif: Dilengkapi Perbandingan Perhitungan Manual & SPSS. (edisi pertama)*. Jakarta: KENCANA PRENADAMEDIA GROUP.
- Sudaryono. (2014). *Perilaku Konsumen, Dalam Perspektif Pemasaran*. Jakarta: Lentera Ilmu Cendekia.
- Sudaryono. (2016). *Manajemen Pemasaran, Teori & Implementasi*. Yogyakarta: ANDI.
- Sugianto, J., & Sugiharto, S. (2013). Analisa pengaruh service quality, food quality, dan price terhadap kepuasan pelanggan restoran Yung Ho Surabaya. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 1(2), 1-10.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sumarwan, U. (2017). *Perilaku Konsumen, Teori dan Penerapannya dalam Pemasaran, Cetakan Keempat, Edisi Kedua*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Wijanto, S. H. (2015). *Metode Penelitian menggunakan Structural Equation Modelling dengan Lisrel 9*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Yamin, S. (2014). *Rahasia Olah Data Lisrel, Seri Buku Statistik: Structural Equation Modeling untuk Pemula. (edisi asli)*. Jakarta: Mitra Wacana Media.

# PENGENALAN NADA ALAT MUSIK MENGGUNAKAN EKSTRAKSI CIRI PERATAAN SEGMENT BERBASIS DST, DAN PENGLASIFIKASI SVM

Linggo Sumarno

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta  
email: lingsum@usd.ac.id

## ABSTRACT

*Musical instrument tone recognition by a computer is an attempt to make a computer can imitate the human ability in recognizing the tone of musical instruments. This paper proposes a method of feature extraction in a musical instrument tone recognition. In more detail, the proposed feature extraction method is a DST (Discrete Sine Transform) based segment averaging. The instruments used are pianica and bellyra. Pianica is a representation of a musical instrument that has polyphonic tones, while belira is a representation of a musical instrument that has monophonic tones. The classifier used in this tone recognition is SVM (Support Vector Machine). The experimental results showed that the proposed feature extraction method required only 8 coefficients of feature extraction in order to represent a tone, both polyphonic or monophonic tones. Then, the SVM classifier used only required a linear kernel function. The use of 8 coefficients of feature extraction and a linear kernel function had been able to give the highest recognition rate up to 100%.*

**Keywords:** DST, segment averaging, SVM, tone recognition

## INTISARI

Pengenalan nada alat musik oleh komputer merupakan suatu upaya untuk membuat komputer dapat meniru kemampuan manusia dalam mengenali nada alat musik. Makalah ini mengusulkan suatu metode ekstraksi ciri dalam suatu pengenalan nada alat musik. Secara lebih detail, metode ekstraksi ciri yang diusulkan adalah perataan segmen berbasis DST (Discrete Sine Transform). Alat musik yang digunakan adalah pianika dan belira. Pianika merupakan representasi dari alat musik yang mempunyai nada polifonik, sedangkan belira merupakan representasi dari alat musik yang mempunyai nada monofonik. Pengklasifikasi yang digunakan dalam pengenalan nada ini adalah SVM (Support Vector Machine). Hasil percobaan memperlihatkan bahwa metode ekstraksi ciri yang diusulkan hanya memerlukan 8 koefisien ekstraksi ciri untuk merepresentasikan suatu nada, baik nada polifonik maupun monofonik. Kemudian, pengklasifikasi SVM yang digunakan hanya memerlukan fungsi kernel linear. Penggunaan 8 koefisien ekstraksi ciri dan fungsi kernel linear tersebut sudah dapat memberikan tingkat pengenalan tertinggi hingga 100%.

**Kata kunci:** DST, pengenalan nada, perataan segmen, SVM

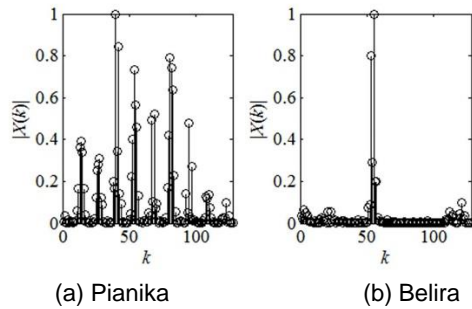
## 1. PENDAHULUAN

Menurut Forster (2010), berdasarkan sudut pandang persepsi manusia, terdapat dua karakteristik aural dari nada-nada yang dikeluarkan alat musik. Dua karakteristik tersebut adalah skala (*scale*) dan warna nada (*timbre*). Karakteristik skala terkait dengan tinggi rendahnya nada, sedangkan karakteristik warna nada terkait dengan jenis alat musik. Pada dasarnya terdapat dua jenis warna nada, yaitu monofonik dan polifonik. Gambar 1 memperlihatkan dua jenis warna nada tersebut bila dilihat dalam ranah DST. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, nada belira merupakan salah satu contoh nada monofonik, karena hanya memperlihatkan satu puncak lokal signifikan. Sementara itu, nada pianika merupakan salah satu contoh nada polifonik, karena memperlihatkan lebih dari satu (*multiple*) puncak lokal signifikan.

Biasanya, seorang pemain musik yang terlatih dapat mengenali dengan mudah nada-nada yang terdengar dari suatu alat musik. Untuk dapat mengenali nada-nada tersebut, pada dasarnya orang tersebut mengambil karakteristik dari nada yang terdengar dan kemudian membandingkannya dengan sejumlah karakteristik dari nada-nada yang pernah didengarnya di masa yang lampau (McAdams, 2010). Dewasa ini, komputer dapat dikembangkan menjadi suatu sistem pengenalan nada, yang mampu menirukan kemampuan pengenalan nada dari pemain musik tersebut. Pada suatu sistem pengenalan nada, pada dasarnya terdapat dua bagian utama. Bagian yang pertama adalah bagian yang mengambil karakteristik dari nada, atau yang disebut juga bagian ekstraksi ciri. Bagian kedua adalah bagian yang mengklasifikasi hasil ekstraksi ciri dengan berdasarkan sejumlah ekstraksi ciri



yang sebelumnya sudah dilatihkan pada sistem pengenalan nada tersebut.



Gambar 1. Representasi warna nada untuk nada 'C' dalam ranah DST ternormalisir  $|X(k)|$ , untuk Pianika dan belira, dengan menggunakan frekuensi pencuplikan 5000 Hz dan DST 128 titik.

Suatu pendekatan untuk melaksanakan bagian ekstraksi ciri di atas, adalah dengan menggunakan ranah transformasi. FFT (*Fast Fourier Transform*) dan DCT (*Discrete Cosine Transform*) adalah dua contoh metode transformasi yang dapat dipakai untuk mengubah sinyal nada dari ranah waktu ke ranah transformasi. Pada dasarnya terdapat dua cara melaksanakan ekstraksi ciri dalam ranah transformasi. Cara ekstraksi ciri yang pertama adalah dengan berdasarkan sinyal-sinyal fundamental (Izzudin *et al*, 2005; Mitre *et al*, 2006; Gaffar *et al*, 2012). Selanjutnya, cara ekstraksi ciri yang kedua adalah dengan tidak berdasarkan sinyal-sinyal fundamental (Tjahyanto *et al*, 2013; Sumarno, 2016; Sumarno & Iswanjono, 2017).

Penelitian-penelitian sebelumnya tentang ekstraksi ciri dalam pengenalan nada, kebanyakan hanya terkait dengan nada-nada polifonik, seperti misalnya yang dilakukan oleh Tjahyanto *et al* (2013) dan Sumarno (2016). Masih sangat sedikit yang terkait dengan pengenalan nada untuk nada-nada polifonik dan juga monofonik. Penelitian sebelumnya oleh Sumarno & Iswanjono (2017), mengusulkan suatu metode ekstraksi ciri perataan segmen berbasis FFT, yang dapat digunakan baik untuk nada-nada polifonik dan juga monofonik. Metode ekstraksi ciri tersebut masih memerlukan sejumlah 16 koefisien ekstraksi ciri untuk merepresentasikan suatu nada. Terlihat masih ada peluang untuk lebih menurunkan lagi jumlah koefisien ekstraksi ciri tersebut.

SVM adalah suatu metode klasifikasi yang asalnya dari teori belajar statistis (Vapnik, 1995; Vapnik 1998). Pada awalnya SVM hanya digunakan untuk klasifikasi dua kelas. Dalam perkembangan selanjutnya, SVM dapat digunakan untuk klasifikasi multikelas. Nurdiyah & Muwahhid (2016) membandingkan metode klasifikasi KNN (*K-Nearest Neighbor*), yang merupakan salah satu metode dari *template matching*, dengan metode klasifikasi SVM. Hasil yang diperoleh dari perbandingan tersebut adalah, SVM memiliki kinerja yang lebih unggul daripada KNN, karena SVM dapat memberikan tingkat pengenalan hingga 93,2%, sedangkan KNN hanya 91,5%.

Tulisan ini mengusulkan suatu sistem pengenalan nada alat musik, yang metode ekstraksi cirinya menggunakan ranah transformasi DST, serta tidak berdasarkan sinyal-sinyal fundamental pada ranah transformasi tersebut. Selain itu, pengenalan nada alat musik tersebut pengklasifikasinya menggunakan metode SVM. Sebagai catatan, sistem pengenalan nada alat musik yang diusulkan diuji untuk nada-nada polifonik dan monofonik.

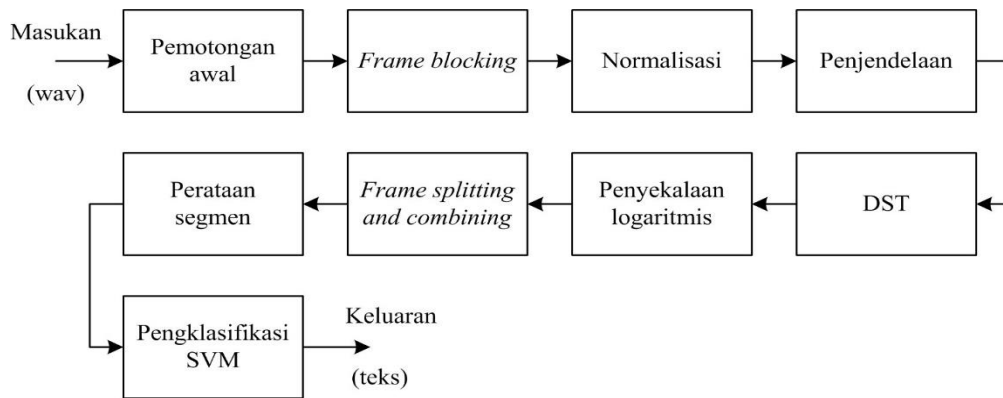
## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Sistem Keseluruhan

Sistem keseluruhan dari pengenalan nada yang dikembangkan dalam penelitian ini diperlihatkan secara diagram blok dalam Gambar 2. Masukan dari sistem adalah suatu sinyal nada terisolasi dalam format wav. Keluaran dari sistem adalah suatu teks yang mengindikasikan nada yang dikenali. Berikut ini penjelasan masing-masing blok yang terdapat dalam Gambar 2.

#### 2.1.1 Masukan

Masukan dari keseluruhan sistem pengenalan nada adalah suatu sinyal nada terisolasi dalam format wav. Sinyal nada ini didapatkan dari dua alat musik yang dimainkan yaitu pianika dan belira. Dalam penelitian ini, untuk setiap alat musik direkam delapan sinyal nada yaitu C, D, E, F, G, A, B, dan C'. Perekaman sinyal nada dilakukan dengan frekuensi pencuplikan 5000 Hz. Pada dasarnya frekuensi pencuplikan ini sudah memenuhi teorema sampling Shannon (Tan & Jiang, 2013) sebagai berikut.



Gambar 2. Diagram blok keseluruhan sistem pengenalan nada alat musik yang dikembangkan.

$$f_s \geq 2f_{\max} \quad (1)$$

dengan  $f_{\max}$  adalah komponen frekuensi tertinggi dari nada, dan  $f_s$  adalah frekuensi pencuplikan. Berdasarkan observasi, komponen frekuensi tertinggi dari nada C' untuk pianika dan belira masing-masing adalah 1584 Hz dan 2097 Hz. Berdasarkan observasi pula, perekaman nada selama 2 detik sudah mencukupi, untuk mendapatkan daerah tunak (*steady state*) dari sinyal nada. Daerah tunak ini digunakan untuk keperluan *frame blocking*. Sebagai catatan, sinyal nada hasil perekaman dapat dibagi menjadi tiga daerah, yaitu daerah hening, transisi, dan tunak. Hanya pada daerah tunak terdapat informasi nada yang akurat.



(a) Pianika



(b) Belira

Gambar 3. Pianika dan belira yang digunakan dalam penelitian (Sumarno & Iswanjono, 2017).

Dalam penelitian ini, alat musik yang digunakan untuk membangkitkan sinyal nada adalah pianika Yamaha P-37D dan belira Isuzu ZBL-27 (lihat Gambar 3). Untuk menangkap sinyal nada tersebut digunakan mikrofon AKG Perception 120.

### 2.1.2 Pemotongan awal

Pemotongan awal adalah suatu proses pemotongan daerah hening (*silence*) dan daerah transisi dari suatu sinyal nada. Daerah hening perlu dipotong karena pada daerah ini tidak terdapat informasi nada. Selanjutnya, daerah transisi juga perlu dipotong, karena pada daerah ini informasi nadanya tidak akurat. Informasi nada yang akurat baru bisa diperoleh setelah sinyal nadanya berada pada keadaan tunak. Pada penelitian ini, berdasarkan hasil observasi, pertama kali daerah hening dipotong dengan menggunakan nilai ambang amplitudo  $[0,5]$  dari nilai maksimum sinyal nada. Berawal dari bagian paling kiri dari sinyal, jika amplitudo sinyal kurang dari  $[0,5]$  dari nilai maksimum sinyal nada, maka sinyal tersebut dipotong. Setelah pemotongan daerah hening, selanjutnya dilakukan pemotongan daerah transisi. Berdasarkan hasil observasi juga, daerah transisi dipotong selama 300 milidetik dari bagian kiri sinyal.

### 2.1.3 Frame blocking

*Frame blocking* adalah suatu proses pemotongan suatu *frame* sinyal, dari suatu sinyal masukan yang panjang (Meseguer, 2009). *Frame blocking* ini bertujuan untuk mengurangi banyaknya data sinyal yang akan diproses. Pada dasarnya, data sinyal yang lebih sedikit, akan makin mempercepat komputasi dari sistem pengenalan nada. Penelitian ini menggunakan panjang *frame blocking*  $2^n$ , dengan  $n$  adalah bilangan bulat positif. Nantinya, panjang *frame blocking* ini akan dievaluasi untuk mencari panjang *frame blocking* terkecil yang menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi.

### 2.1.4 Normalisasi

Normalisasi adalah proses pengaturan nilai maksimum suatu runtun data sinyal menjadi 1 atau -1. Normalisasi ini bertujuan

untuk mengeliminasi adanya perbedaan nilai maksimum dari sinyal-sinyal hasil *frame blocking*. Pada dasarnya, normalisasi ini akan makin memperjelas perbedaan diantara kelas-kelas sinyal yang berbeda.

### 2.1.5 Penjendelaan

Penjendelaan (*windowing*) adalah suatu proses untuk mengurangi diskontinuitas pada tepi-tepi sinyal (Meseguer, 2009). Diskontinuitas ini muncul akibat adanya pemotongan sinyal pada proses *frame blocking* di atas. Diskontinuitas yang terlalu besar akan memunculkan sinyal-sinyal tambahan yang disebut sinyal-sinyal harmonik pada sinyal hasil transformasi. Penelitian ini menggunakan jendela Hamming, yang merupakan suatu jendela yang secara luas digunakan dalam bidang pengolahan sinyal (Oppenheim, 1989). Secara matematis, jendela Hamming  $h(n)$  dengan panjang jendela  $N$ , dirumuskan sebagai berikut.

$$h(n) = 0,54 - 0,46 \cos\left(2\pi \frac{n}{N-1}\right), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

Penelitian ini menggunakan panjang jendela  $2^n$ , dengan  $n$  adalah bilangan bulat positif. Panjang jendela ini sama dengan panjang *frame blocking* di atas.

### 2.1.6 DST

DST merupakan suatu proses untuk mengubah sinyal dari ranah waktu ke ranah transformasi yang disebut sebagai ranah DST. Seperti halnya DCT, DST merupakan suatu jenis transformasi yang juga diturunkan dari DFT (*Discrete Fourier Transform*). DST dari suatu runtun  $y(n)$  yang panjangnya  $N$  titik, secara matematis dirumuskan sebagai berikut.

$$Y(k) = \sqrt{\frac{2}{n+1}} \sum_{n=0}^{N-1} y(n) \sin\left[\frac{\pi(n+1)(k+1)}{N+1}\right] \quad (3)$$

dengan  $0 \leq n \leq N-1$ . Penelitian ini menggunakan panjang DST  $2^n$ , dengan  $n$  adalah bilangan bulat positif. Panjang DST ini sama dengan panjang *frame blocking* dan jendela Hamming di atas. Selain hal tersebut, penelitian ini menerapkan perhitungan nilai absolut dari hasil DST, karena proses berikutnya penyekalaan logaritmis, tidak memungkinkan adanya perhitungan nilai negatif.

### 2.1.7 Penyekalaan logaritmis

104 Sumarno, Pengenalan Nada Alat Musik Menggunakan Ekstraksi Ciri Perataan Segmen Berbasis DST, dan Pengklasifikasi SVM

Penyekalaan logaritmis adalah suatu proses untuk mengurangi adanya perbedaan nilai-nilai puncak pada suatu vektor data. Pada dasarnya, hasil penyekalaan logaritmis memperlihatkan adanya jumlah puncak lokal maksimum yang semakin banyak. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya dari (Sumarno, 2016) serta (Sumarno & Iswanjono, 2017), ekstraksi ciri yang menggunakan perataan segmen memperlihatkan hasil yang lebih baik untuk runtun data yang mempunyai jumlah puncak lokal maksimum yang banyak. Penyekalaan logaritmis ini secara matematis diperlihatkan sebagai berikut.

$$Y_{out}(k) = \log(Y_{in}(k) + 1) \quad (4)$$

dengan  $Y_{out}(k) = \{Y_{out}(0), Y_{out}(1), \dots, Y_{out}(N-1)\}$  dan  $Y_{in}(k) = \{Y_{in}(0), Y_{in}(1), \dots, Y_{in}(N-1)\}$  masing-masing adalah runtun *frame* data keluaran dan runtun *frame* data masukan, serta  $N$  adalah panjang *frame*. Adanya penambahan '1' pada rumusan di atas adalah untuk menghindari hasil logaritma yang mendekati minus tak hingga, jika ada nilai pada runtun  $X_{in}(k)$  yang mendekati nol.

### 2.1.8 Frame splitting and combining

*Frame splitting and combining* adalah suatu proses untuk mengurangi panjang *frame* data. Pada dasarnya, hasil *frame splitting and combining* memperlihatkan adanya distribusi data yang lebih rapat, dalam suatu *frame*. Secara algoritma, *frame splitting and combining* ini diperlihatkan sebagai berikut.

#### Algoritma *frame splitting and combining*

1. Misalkan pada suatu *frame* data masukan terdapat runtun  $Y_{in}(k) = \{Y_{in}(0), Y_{in}(1), \dots, Y_{in}(N-1)\}$ , dengan  $N$  adalah bilangan genap yang menyatakan panjang *frame* data masukan.
2. Bagi dua runtun tersebut menjadi dua runtun data:
3.  $V_1(k) = \{Y_{in}(0), Y_{in}(1), \dots, Y_{in}((N/2)-1)\}$   
dan  
 $V_2(k) = \{Y_{in}(N/2), Y_{in}((N/2)+1), \dots, Y_{in}(N-1)\}$
4. Gabungkan runtun hasil pembagian  $V_1(k)$  dan  $V_2(k)$  tersebut, menjadi suatu *frame* data keluaran  
 $Y_{out}(k) = \{Y_{out}(0), Y_{out}(1), \dots, Y_{out}((N/2)-1)\}$ , sebagai berikut.

$$Y_{out}(k) = \frac{V_1(k) + V_2(k)}{2} \quad (5)$$

Sebagai catatan, proses *frame splitting and combining* akan menghasilkan *frame* keluaran yang panjangnya separuh dari *frame* masukannya. Dalam penelitian ini panjang *frame* masukan sama dengan panjang *frame blocking*.

### 2.1.9 Perataan segmen

Perataan segmen adalah suatu proses untuk mengurangi jumlah data dari suatu *frame* data sinyal. Pada dasarnya, *frame* data sinyal dengan jumlah data yang berkurang ini masih memperlihatkan bentuk dasar dari pola sinyal aslinya. Penelitian ini menggunakan perataan segmen yang diinspirasi dari Setiawan (2015). Secara algoritma, perataan segmen ini diperlihatkan sebagai berikut.

#### Algoritma perataan segmen

1. Misalkan suatu *frame* data masukan  $Y_{in}(k) = \{Y_{in}(1), Y_{in}(2), \dots, Y_{in}(M-1)\}$  dengan  $M = 2^p$  dan  $p \geq 0$ .
2. Carilah panjang segmen  $L$  dengan  $L = 2^q$  untuk  $0 \leq q \leq p$ .
3. Bagilah runtun data  $X(k)$  dengan menjadi sejumlah segmen sepanjang  $L$ . Hasil pembagian tersebut akan memberikan sejumlah  $Z$  segmen sebagai berikut.

$$Z = \frac{M}{L} \quad (6)$$

dan juga runtun data  $S(u) = \{S(0), S(1), \dots, S(L-1)\}$  di setiap segmen.

4. Hitung *frame* data keluaran  $Y_{out}(v) = \{Y_{out}(1), Y_{out}(2), \dots, Y_{out}(Z-1)\}$  dengan melakukan operasi rerata disetiap segmen sebagai berikut.

$$Y_{out}(v) = \frac{1}{L} \sum_{u=0}^{L-1} S_v(u) \quad (7)$$

Dalam penelitian ini, panjang segmen  $L$  di atas dievaluasi dengan nilai-nilai 1, 2, 4, ...,  $2^{\log_2(M/2)}$ , dengan  $M$  adalah panjang *frame* hasil proses *frame splitting and combining*. Panjang segmen ini dievaluasi untuk mendapatkan sejumlah  $Z$  hasil ekstraksi ciri yang terkecil, yang menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi. Sebagai catatan, jika  $N$  adalah panjang *frame* data masukan pada proses *frame splitting and combining*, maka persamaan (6) dapat dituliskan lagi menjadi sebagai berikut.

$$Z = \frac{N}{2L} \quad (8)$$

### 2.1.10 Klasifikasi SVM

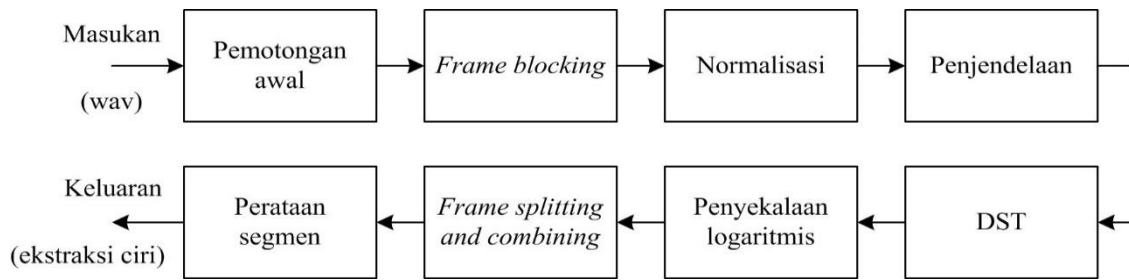
Klasifikasi adalah suatu proses untuk menentukan kelas pola dari data sinyal masukan. Salah satu metode untuk melakukan klasifikasi adalah SVM. Pada dasarnya SVM adalah pengklasifikasi linear. Dalam pelatihan SVM, akan dicari suatu *hyperplane* terbaik, yang mampu memisahkan dua set data, yang berasal dari dua kelas pola yang berbeda. Secara matematis, *hyperplane* tersebut merupakan suatu fungsi diskriminan linear.

Dalam kenyataan di dunia nyata, belum tentu dua set data dari dua kelas pola yang berbeda dapat dipisahkan dengan suatu *hyperplane*. Dengan kata lain, dua set data tersebut tidak *linearly separable*. Oleh karena itu, supaya dua set data tersebut *linearly separable* perlu dilakukan transformasi data. Untuk melakukan transformasi ini digunakan suatu fungsi yang disebut sebagai fungsi *kernel* (Boser *et al*, 1992). Fungsi *kernel* linear dan polinomial adalah dua contoh fungsi *kernel* yang umumnya digunakan. Penelitian yang dilaksanakan mengevaluasi kedua fungsi *kernel* tersebut.

Pada awalnya SVM dikembangkan untuk kasus klasifikasi dua kelas pola. Selanjutnya, SVM dikembangkan untuk kasus klasifikasi multikelas pola. Penelitian yang dilaksanakan merupakan kasus klasifikasi multikelas pola. Untuk kasus multikelas ini akan digunakan skema OVA (*one-vs-all*). Pemilihan OVA ini dilandasi bahwa, secara kinerja OVA ini pada dasarnya setara dengan skema-skema yang lainnya. Akan tetapi OVA ini menawarkan adanya kesederhanaan konseptual dan komputasi (Rifkin & Klatau, 2004).

### 2.2 Pelatihan Pengklasifikasi SVM

Pengklasifikasi SVM yang diperlihatkan pada Gambar 2 di atas, memerlukan sejumlah data dalam proses pelatihannya. Sejumlah data ini dibangkitkan menggunakan ekstraksi ciri nada yang diusulkan dalam penelitian ini, yang diperlihatkan dalam Gambar 4. Sebagaimana terlihat pada Gambar 4, masukannya adalah sinyal nada yang merupakan sinyal nada terisolasi dalam format wav, sedangkan keluarannya ekstraksi ciri dari sinyal nada masukannya.



Gambar 4. Diagram blok ekstraksi ciri nada yang diusulkan.

Pada penelitian yang dilaksanakan, untuk keperluan pelatihan pengklasifikasi SVM, dilakukan pengambilan 10 sampel untuk setiap sinyal nada (C, D, E, F, G, A, B, atau C'), untuk setiap alat musik (pianika atau belira). Dengan demikian secara keseluruhan terdapat 180 sinyal nada untuk keperluan pelatihan ini. Selanjutnya, dengan menggunakan model ekstraksi ciri yang diperlihatkan pada Gambar 4 di atas, masing-masing sinyal nada tersebut diproses ekstraksi cirinya. Hasil dari ekstraksi ciri ini kemudian digunakan untuk pelatihan pengklasifikasi SVM.

### 2.3 Nada uji

Nada uji merupakan sinyal nada yang digunakan untuk menguji kinerja dari sistem pengenalan nada yang dikembangkan. Pada penelitian yang dilaksanakan, untuk keperluan nada uji, dilakukan pengambilan 10 sampel yang lain untuk setiap sinyal nada (C, D, E, F, G, A, B, atau C'), untuk setiap alat musik (pianika atau belira). Dengan demikian secara keseluruhan terdapat 180 sinyal nada untuk keperluan nada uji ini.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil-Hasil Pengujian

Hasil-hasil pengujian untuk sistem pengenalan nada yang dikembangkan untuk penggunaan fungsi *kernel* linear, pada berbagai kombinasi panjang *frame blocking* dan panjang segmen, diperlihatkan pada Tabel 1 dan 2. Sebagai catatan yang pertama, jumlah koefisien ekstraksi ciri untuk setiap

kombinasi panjang *frame blocking* dan panjang segmen dapat dilihat pada Tabel 3. Persamaan (8) dipakai sebagai dasar untuk membuat Tabel 3 tersebut. Sebagai catatan yang kedua, panjang segmen mengacu pada panjang segmen yang digunakan pada proses perataan segmen.

Berdasarkan observasi Tabel 1, 2, dan 3 secara simultan, dapat adanya dilihat dua hal berikut. Hal yang pertama adalah, secara umum untuk panjang *frame blocking* makin besar, tingkat pengenalan akan makin tinggi (Tabel 1 dan 2) dan jumlah koefisien ekstraksi ciri makin besar (Tabel 3). Persamaan (8) dipakai sebagai dasar untuk membuat Tabel 3 tersebut. Sebagai catatan yang kedua, panjang segmen mengacu pada panjang segmen yang digunakan pada proses perataan segmen.

Berdasarkan observasi Tabel 1, 2, dan 3 secara simultan, dapat adanya dilihat dua hal berikut. Hal yang pertama adalah, secara umum untuk panjang *frame blocking* makin besar, tingkat pengenalan akan makin tinggi (Tabel 1 dan 2) dan jumlah koefisien ekstraksi ciri makin besar (Tabel 3). Selanjutnya hal yang kedua adalah, secara umum untuk panjang segmen makin kecil, tingkat pengenalan juga makin tinggi (Tabel 1 dan 2) serta jumlah koefisien ekstraksi ciri juga makin besar (Tabel 3). Dengan demikian dari dua hal tersebut dapat dikatakan bahwa, tingkat pengenalan yang makin tinggi disebabkan karena jumlah koefisien ekstraksi ciri makin besar.

Tabel 1. Hasil pengujian alat musik pianika, untuk penggunaan fungsi *kernel* linear, pada berbagai kombinasi panjang *frame blocking* dan panjang segmen.

Hasil yang diperlihatkan: Tingkat pengenalan (%).

Panjang <i>frame blocking</i> (titik)	Panjang segmen (titik)									
	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
64	100	100	100	88,75	70,00	48,75	-	-	-	-
128	100	100	100	98,75	93,75	62,50	36,25	-	-	-
256	100	100	100	100	100	82,50	65,00	36,25	-	-
512	100	100	100	100	100	<b>100</b>	76,25	55,00	35,00	-
1024	100	100	100	100	100	100	100	73,75	55,00	28,75

Tabel 2. Hasil pengujian alat musik belira, untuk penggunaan fungsi *kernel* linear, pada berbagai kombinasi panjang *frame blocking* dan panjang segmen. Hasil yang diperlihatkan: Tingkat pengenalan (%).

Panjang <i>frame blocking</i> (titik)	Panjang segmen (titik)									
	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
64	100	100	98,75	92,50	55,00	22,50	-	-	-	-
128	100	100	100	100	81,25	55,00	22,50	-	-	-
256	100	100	100	100	98,75	90,00	56,25	20,00	-	-
512	100	100	100	100	100	<b>100</b>	81,25	56,25	20,00	-
1024	100	100	100	100	100	100	98,75	75,00	47,50	18,75

Tabel 3. Jumlah koefisien ekstraksi ciri yang untuk berbagai panjang *frame blocking* dan panjang segmen. Hasil yang diperlihatkan: Jumlah koefisien ekstraksi ciri (koefisien)

Panjang <i>frame blocking</i> (titik)	Panjang segmen (titik)									
	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
64	32	16	8	4	2	1	-	-	-	-
128	64	32	16	8	4	2	1	-	-	-
256	128	64	32	16	8	4	2	1	-	-
512	256	128	64	32	16	<b>8</b>	4	2	1	-
1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

Pada dasarnya, jika jumlah koefisien ekstraksi ciri makin besar, akan makin banyak koefisien ekstraksi ciri yang digunakan untuk membedakan antara kelas pola yang satu dengan kelas pola yang lainnya. Ini berarti, akan makin mudah dibedakan antara kelas pola yang satu dengan kelas pola yang lain. Dengan makin mudah dibedakannya kelas pola yang satu dengan kelas pola yang lain tersebut, pada akhirnya akan makin meningkatkan tingkat pengenalan.

### 3.2 Jumlah Koefisien Ekstraksi Ciri Terkecil

Penelitian yang dilaksanakan bertujuan untuk mencari jumlah ekstraksi ciri terkecil, yang dapat merepresentasikan suatu nada, baik nada polifonik maupun nada monofonik. Tabel 1 dan 2 dapat digunakan untuk mencari jumlah koefisien terkecil tersebut, dengan cara mengeksplorasi kombinasi panjang *frame blocking* terkecil dan panjang segmen terbesar, yang menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi (100%). Hasil eksplorasi memperlihatkan bahwa panjang *frame*

*blocking* terkecil yaitu 512 titik dan panjang segmen terkecil yaitu 32 titik, dapat menghasilkan tingkat pengenalan tertinggi. Berdasarkan Tabel 3, jumlah koefisien ekstraksi ciri yang bersesuaian dengan panjang *frame blocking* dan panjang segmen tersebut adalah 8 koefisien. Ini berarti model ekstraksi ciri yang diusulkan dalam penelitian ini sangat efisien, karena nada-nada polifonik maupun monofonik dapat direpresentasikan hanya dengan sejumlah 8 koefisien ekstraksi ciri.

Ada satu hal yang perlu dijadikan perhatian yaitu bahwa jumlah koefisien ekstraksi ciri terkecil, yaitu sejumlah 8 koefisien di atas, terkait dengan penggunaan fungsi *kernel* linear pada pengklasifikasi SVM. Untuk penggunaan fungsi *kernel* yang lain (fungsi polinomial) pada pengklasifikasi SVM, Tabel 1 dan 2 dikerjakan lagi untuk fungsi polinomial orde 2 dan orde 3. Hasil yang didapat dari penggunaan kedua fungsi polinomial tersebut, diperlihatkan pada Tabel 4

Tabel 4. Hasil penggunaan fungsi *kernel* linear dan polinomial yang memberikan tingkat pengenalan tertinggi 100%, untuk nada polifonik dan nada monofonik.

Fungsi <i>kernel</i> pada pengklasifikasi SVM	Linear	Polinomial	
		Orde 2 (Kuadratik)	Orde 3 (Kubik)
Jumlah koefisien ekstraksi ciri terkecil (koefisien)	8	16	64

Sebagaimana terlihat pada Tabel 4, penggunaan fungsi *kernel* linear memberikan hasil yang terbaik, karena hanya dengan menggunakan sejumlah 8 koefisien ekstraksi ciri (yang merupakan jumlah yang terkecil), dapat memberikan tingkat pengenalan tertinggi 100%, untuk nada polifonik maupun nada monofonik yang diujikan. Adanya tingkat pengenalan 100% ini mengindikasikan, bahwa kelas-kelas pola dari ekstraksi ciri sinyal-sinyal nada yang diujikan masuk kategori *linearly separable*. Dengan kata lain, penggunaan sejumlah 8 koefisien ekstraksi ciri dan fungsi *kernel* linear sudah mencukupi, karena sudah dapat memberikan ekstraksi ciri

sinyal-sinyal nada yang masuk kategori *linearly separable*.

### 3.3 Perbandingan dengan Ekstraksi Ciri beserta Pengklasifikasi yang Lain

Tabel 5 membandingkan kinerja beberapa metode ekstraksi ciri beserta pengklasifikasinya untuk nada-nada alat musik, baik yang polifonik maupun monofonik. Sebagaimana terlihat pada Tabel 5, metode ekstraksi ciri beserta pengklasifikasinya yang diusulkan dalam penelitian ini paling efisien, karena memberikan jumlah koefisien ekstraksi ciri yang paling kecil, untuk merepresentasikan nada yang polifonik maupun monofonik

Tabel 5. Perbandingan kinerja beberapa metode ekstraksi ciri/pengklasifikasi, untuk nada polifonik maupun monofonik. Hasil yang ditampilkan: Jumlah koefisien ekstraksi ciri (alat musik).

Ekstraksi ciri/pengklasifikasi	Jumlah koefisien ekstraksi ciri terkecil	
	Polifonik	Monofonik
<i>Spectral Features</i> /SVM (Tjahyanto <i>et al</i> , 2013)	34 (gamelan)	-
MFCC dan <i>Codebook/template matching</i> (Fruandta & Buono, 2011)	13 (piano pada keyboard)	-
DCT dan perataan segmen/ <i>template matching</i> (Sumarno, 2016)	8 (pianika), 16 (rekorder sopran)	-
FFT dan perataan segmen/ <i>template matching</i> (Sumarno & Iswanjono, 2017)	4 (pianika), 16 (rekorder tenor)	16 (belira)
DST dan perataan segmen/SVM (penelitian ini)	<b>8 (pianika)</b>	<b>8 (belira)</b>

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berikut ini beberapa hal yang dapat disimpulkan, dengan berdasarkan pada hal-hal yang telah dideskripsikan pada hasil percobaan dan pembahasannya.

1. Metode ekstraksi ciri yang diusulkan efisien untuk digunakan pada pengenalan nada alat musik yang polifonik, maupun yang monofonik. Hal ini disebabkan, metode ekstraksi ciri yang diusulkan hanya memerlukan sejumlah 8 koefisien ekstraksi ciri, untuk merepresentasikan suatu nada polifonik maupun monofonik. Sejumlah 8 koefisien tersebut diperoleh dengan penggunaan panjang *frame blocking* 512 titik dan panjang segmen 32 titik.
2. Pengklasifikasi SVM yang digunakan hanya memerlukan fungsi *kernel* linear. Penggunaan sejumlah 8 koefisien ekstraksi ciri dan fungsi *kernel* linear tersebut sudah mencukupi, untuk mendapatkan tingkat pengenalan tertinggi 100%. Adanya tingkat pengenalan 100% ini mengindikasikan

bahwa kelas-kelas pola dari ekstraksi ciri sinyal-sinyal nada yang diujikan, masuk kategori *linearly separable*.

Untuk pengembangan lebih lanjut penelitian ini, disarankan untuk mengerjakan beberapa hal sebagai berikut.

1. Eksplorasi metode transformasi yang lain selain DST, untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dalam hal jumlah koefisien ekstraksi ciri lebih kecil, atau panjang *frame blocking* yang lebih kecil.
2. Eksplorasi fungsi *kernel* yang lain dalam pengklasifikasi SVM, untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dalam hal jumlah koefisien ekstraksi ciri yang lebih kecil.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dihaturkan penulis kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, atas peran sertanya dalam pendanaan penelitian yang dilaksanakan ini.



## DAFTAR PUSTAKA

- Boser, B.E., Guyon, I.M., & Vapnik, V.N., (1992, Juli). A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers, *In Proceedings of the Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory (COLT '92)* (pp 144–152). ACM Press, Pittsburgh.
- Forster, C. (2010). *Musical Mathematics: On the Art of Science and Acoustic Instruments* (pp. vii-viii). California: Chronicle Books LLC.
- Fruandta A, & Buono A., (2011, Juni). Identifikasi Campuran Nada pada Suara Piano Menggunakan Codebook. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informatika (SNATI) 2011* (pp. G8-G13). Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Gaffar, I., Hidayatno, A., & Zahra, A.A. (2012). Aplikasi Pengkonversi Nada-nada Instrumen Tunggal Menjadi Chord Menggunakan Metode Pitch Class Profile. *Transient*. 1(3), 121-127.
- Izzudin, A., Santoso, T.B., & Dutono T. (2005). Pengenalan Nada-Nada Tunggal Pada Gitar Dengan Menggunakan Teknik Pengolahan Sinyal Digital. *EEPIS Journal Online System*. 10(1).
- McAdams, S. (1993). *Recognition of Auditory Sound Sources and Events. Thinking in Sound: The Cognitive Psychology of Human Audition* (pp. 146-198). Oxford: Oxford University Press.
- Meseguer, N. A. (2009). *Speech Analysis for Automatic Speech Recognition (MSc Thesis)*. Trondheim. NTNU.
- Mitre A, Queiroz M, & Faria R. (2006, Mei). Accurate and Efficient Fundamental Frequency Determination from Precise Partial Estimates. *Proceedings of the 4th AES Brazil Conference* (pp. 113-118). Sao Paulo, Brazil: Audio Engineering Society (AES).
- Noll, M. (1970). Pitch Determination of Human Speech by the Harmonic Product Spectrum, the Harmonic Sum Spectrum and a Maximum Likelihood Estimate. *Proceedings of the Symposium on Computer Processing in Communications*. Brooklyn, New York. Polytechnic Press. 19: 779-797.
- Nurdiyah, D. & Muwakhid, I.A. (2016). Perbandingan Support Vector Machine Dan K-Nearest Neighbor Untuk Klasifikasi Telur Fertil dan Infertil Berdasarkan Analisis Texture GLCM. *Transformatika*. 13(2), 29-34.
- Oppenheim, A.V. & Schaffer, R.W. (1989). *Discrete-Time Signal Processing* (pp. 447-448). New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Rifkin, R.M. & Klautau, A.B.R. (2004). In Defense of One-vs-All Classification. *The Journal of Machine Learning Research*. 5, 101–141.
- Setiawan, Y.R. (2015). *Pengenalan Ucapan Angka Menggunakan Transformasi Fourier Cepat dan Similaritas Kosinus (Skripsi)*. Yogyakarta. Universitas Sanata Dharma.
- Sumarno L. (2016). On The Performace of Segment Averaging of Discrete Cosine Transform Coefficients on Musical Instruments Tone Recognition. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*. 11(9), 5644-5649.
- Sumarno L., & Iswanjono. (2017). Feature Extraction of Musical Instrument Tones using FFT and Segment Averaging. *Telkomnika*. 15(3), 1280-1289.
- Tan, L. & Jiang, J. (2013). *Digital Signal Processing Fundamentals and Applications. Second Edition*. Oxford: Elsevier Inc. pp. 15-56.
- Tjahyanto, A., Suprpto, Y.K., & Wulandari, D.P. (2013). Spectral-based Features Ranking for Gamelan Instruments Identification using Filter Techniques. *Telkomnika*. 11(1), 95-106.
- Vapnik, V. N. (1995). *The Nature of Statistical Learning Theory*, New York: Springer-Verlag.
- Vapnik, V. N. (1998). *Statistical Learning Theory*. New York: Wiley.

## STUDI EKSPERIMEN *MULTISILINDER VORTEX INDUCED VIBRATION ENERGY CONVERTER (VIVEC)*

**Bagus Albaranu Yuliatmoko<sup>1</sup>, Setyo Nugroho<sup>2</sup>, Raden Sanggar Dewanto<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi D4 Sistem Pembangkit Energi, <sup>3</sup>Program Studi D4 Teknik Mekatronika,  
Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,  
Kampus PENS, Jalan Raya ITS Sukolilo, Surabaya, 60111  
e-mail : <sup>1</sup>bagusalbaranu@gmail.com, <sup>2</sup>setyo@pens.ac.id, <sup>3</sup>sanggard@pens.ac.id,

### ABSTRACT

*One method of water energy utilization is by hydrokinetic method. Vortex-Induced Vibration Energy Converter (VIVEC) is an energy conversion tool that utilizes hydrokinetic energy. VIVEC converts the translational motion / oscillation of a cylinder due to Vortex Induced Vibration (VIV) from the vortex release formed around the cylinder, when the cylinder is hit by a fluid flow at a certain speed. The lift force generated by VIV makes the cylinder experience a cross-flow vibration to produce kinetic energy. There are several parameters that can improve the performance of VIVEC, one of them is the addition of the number of cylinders or the use of multi-cylinders on VIVEC. With the use of multi-cylinders system, the distance between the cylinders need to be considered because the vortex formed from one of the cylinders will affect the frequency of other cylinder oscillations behind it. In this research designed a multi-cylinders VIVEC 2x2 configuration with distance variation ( $d / D = 2, 4, \text{ and } 6$ ). The experimental test was conducted with a fluid velocity of  $0.67 \text{ m / s}$  ( $Re = 50,000$ ) in a towing tank. From this research obtained the largest amplitude ratio,  $A / D$  average is  $0.154$  on  $d / D = 2$ . The  $A / D$  and  $Cl$  values are relatively decreased as the center to center spacing increases.*

**Keywords :** *Hydrokinetic energy, multi-cylinders, vortex induced vibration, vortex induced vibration energy converter.*

### INTISARI

Salah satu metode pemanfaatan energi air adalah dengan metode hidrokinetik. Vortex-Induced Vibration Energy Converter (VIVEC) merupakan sebuah alat konversi energi yang memanfaatkan energi hidrokinetik. VIVEC mengkonversi gerak translasi / osilasi sebuah silinder akibat Vortex Induced Vibration (VIV) dari pelepasan vortex yang terbentuk disekitar silinder, ketika silinder ditabrak oleh aliran fluida dengan kecepatan tertentu. Gaya lift yang ditimbulkan oleh VIV membuat silinder mengalami vibrasi cross-flow sehingga menghasilkan energi kinetik. Ada beberapa parameter yang dapat meningkatkan performa dari VIVEC, salah satunya adalah penambahan jumlah silinder atau penggunaan multisilinder pada VIVEC. Dengan penggunaan sistem multisilinder, tentunya jarak antar silinder perlu diperhatikan karena vortex yang terbentuk dari salah satu silinder akan mempengaruhi frekuensi osilasi silinder lain dibelakangnya. Pada penelitian ini dirancang sebuah multisilinder VIVEC dengan konfigurasi 2x2 dengan variasi jarak ( $d/D = 2, 4, \text{ dan } 6$ ). Pengujian secara eksperimen dilakukan dengan kecepatan fluida  $0,67 \text{ m/s}$  ( $Re=50.000$ ) pada sebuah towing tank. Dari penelitian ini didapatkan rasio amplitudo,  $A/D$  rata – rata terbesar berada pada variasi  $d/D = 2$  sebesar  $0,154$ . Nilai  $A/D$  dan  $Cl$  relatif menurun seiring dengan meningkatnya center to center spacing.

**Kata kunci :** Energi hidrokinetik, multisilinder, vortex induced vibration, vortex induced vibration energy converter.

## 1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan sumber energi terbarukan terbesar dan termurah di dunia. PLTA juga merupakan cara paling efisien untuk menghasilkan listrik. Sekitar 18% listrik dunia disuplai dari PLTA. Terdapat dua metode dalam pemanfaatan energi air, yaitu *hydrostatic* dan *hydrokinetic*.

Dalam metode *hydrokinetic*, energi kinetik yang dibangkitkan dari gerakan air dalam bentuk arus dan ombak dikonversi langsung menjadi energi listrik tanpa harus membendung air dan tanpa membutuhkan ketinggian. *Hydrokinetic* didesain untuk dapat diaplikasikan pada aliran alami seperti sungai, pasang surut air laut, arus air laut, ombak, dan fasilitas aliran air lain dengan kecepatan yang optimum. (Lago, Ponta, & Chen, 2010). Kelebihan dari *hydrokinetic* yaitu hanya membutuhkan biaya sedikit dalam konstruksinya (Khan, Iqbal, & Quaicoe, 2008) karena dalam *hydrokinetic* tidak dibutuhkan bendungan atau reservoir untuk mengumpulkan air. Selain itu, ketersediaan sumber khususnya aliran sungai dan arus pasang surut lebih mudah diprediksi jika dibandingkan dengan ketersediaan energi angin dan energi surya. (Fraenkel, 2007)

Sebuah konsep inovatif dalam pemanfaatan *hydrokinetic energy* telah ditemukan oleh Professor Michael Bernitsas (2005) di Universitas Michigan. Konsep ini telah direalisasikan menjadi sebuah alat bernama VIVACE (*Vortex Induced Vibration Aquatic Clean Energy Converter*) pada tahun 2012. VIVACE Converter merupakan sebuah alat konversi energi. VIVACE mengkonversi gerak translasi / osilasi sebuah silinder yang disebabkan oleh *Vortex Induced Vibration* (VIV) dari pelepasan *vortex* yang terbentuk disekitar silinder, ketika silinder ditabrak oleh aliran fluida dengan kecepatan tertentu. Gaya *lift* yang ditimbulkan oleh VIV membuat silinder mengalami vibrasi *cross-flow* sehingga menghasilkan energi kinetik yang oleh generator akan diubah menjadi energi listrik. VIVACE dapat menghasilkan energi pada kecepatan arus air antara 0,5 knot hingga 5 knot atau lebih. Untuk menghasilkan daya yang maksimal diperlukan amplitudo getaran yang konsisten dan maksimal pula. (Raghavan, 2007)

Penelitian yang dilakukan mengenai VIVACE selama ini terfokus pada konfigurasi silinder tunggal saja. Padahal dalam konsepnya, semakin besar energi kinetiknya maka semakin besar pula daya yang akan dihasilkan. Untuk menjawab konsep tersebut, jumlah silinder ditambahkan pada VIVACE. Selain itu, jarak antara silinder (*center to center*

*spacing*) juga mempengaruhi gaya yang mengenai masing - masing silinder. Sehingga faktor jarak juga berpengaruh terhadap besarnya amplitudo yang terbentuk (Garcia, 2008)

Dari latar belakang tersebut penelitian ini secara umum akan dibuat sebuah pembangkit getaran yang memanfaatkan VIV dan secara khusus membahas tentang pengaruh *center to center spacing* terhadap performa dari VIVEC tersebut. Konfigurasi multi silinder yang digunakan adalah konfigurasi 2 x 2 yang akan divariasikan jarak antar silindernya. Performa VIVEC ditinjau dari besarnya rasio amplitudo (A/D) dan *lift coefficient* (Cl) yang dihasilkan oleh masing – masing silinder VIVEC.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat Penelitian

VIVEC terdiri dari beberapa komponen utama yaitu *frame*, *slider*, pegas, dan silinder osilasi. *Frame* berfungsi sebagai penahan silinder osilasi yang ditempatkan di kereta uji pada *towing tank*. *Slider* berfungsi untuk menjaga gerakan osilasi silinder tetap berada pada jalurnya atau tetap berosilasi pada sumbu y.



Gambar 1 (kiri) *Frame* VIVEC, (kanan) sistem *slider* VIVEC

Multisilinder VIVEC terdiri dari 4 buah silinder osilasi yang ditahan oleh pegas yang dikaitkan pada ujung-ujung silinder.



Gambar 2 Sistem VIVEC secara keseluruhan

Silinder osilasi adalah komponen utama pada sistem VIVEC. Silinder osilasi harus dalam keadaan melayang ketika ditempatkan

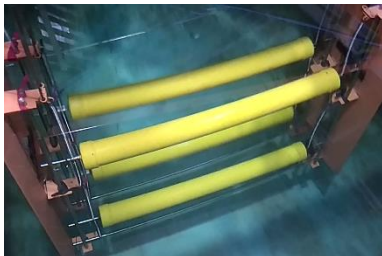
pada *towing tank* agar dapat berosilasi dengan optimal. Silinder menggunakan material PVC berdiameter 2,5" dan panjang 0,85 m. Poros silinder osilasi menggunakan *stainless steel* berbentuk silinder berdiameter 12 mm.

## 2.2 Pengujian Sistem

Pengujian VIVEC dilakukan pada *towing tank* berukuran 50 m x 3 m x 2 m dengan metode ditarik pada sebuah kereta uji. Alat ukur yang digunakan pada sistem VIVEC adalah sensor *ultrasonic* HC-SR04. Sensor HC-SR04 digunakan untuk merekam *displacement* silinder ketika silinder berosilasi. Dengan sensor ultrasonik, amplitudo silinder juga dapat diketahui.

Data hasil pembacaan sensor ultrasonik HC-SR04 kemudian dikirimkan via *bluetooth* menggunakan modul *bluetooth* HC05. Data yang diterima kemudian direkam menggunakan aplikasi pada HP Android.

Untuk mengukur kecepatan berjalannya kereta uji, digunakan sensor *proximity* yang ditempatkan pada roda kereta uji untuk membaca RPM roda. Data RPM roda kereta uji kemudian ditampilkan pada sebuah LCD *display*.



Gambar 3 (atas) Sistem pengujian VIVEC pada kereta uji *towing tank*, (bawah) sistem sensor pada VIVEC

Parameter pengujian VIVEC secara eksperimen ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Tabel parameter pengujian VIVEC

Parameter	Nilai	Satuan
<b>Fluida</b>		
Densitas ( $\rho$ )	998,2	kg/m <sup>3</sup>
Kecepatan Fluida ( $v$ )	0,67	m/s
<b>Silinder Osilasi</b>		
Diameter (D)	0,075	M
Panjang (L)	0,85	M
<i>Aspect Ratio</i> (L/D)	11,3	
Volume (V)	$3,755 \times 10^{-3}$	m <sup>3</sup>
Luas <i>Cross Section</i> (A)	$6,375 \times 10^{-2}$	m <sup>2</sup>
<i>Spring Stiffness</i> (k)	15	N/m

## 2.3 Analisa Perhitungan

Untuk melakukan analisis VIVEC, sebelumnya perlu mencari parameter-parameter diantaranya adalah

### a. Mengukur Amplitudo Osilasi

Amplitudo dapat didefinisikan sebagai jarak terjauh dari garis kesetimbangan dalam gelombang sinusoidal. Nilai amplitudo osilasi dari silinder didapatkan dari pengukuran sensor ultrasonik pada ekstensi yang terpasang dari silinder.

### b. Menghitung *Lift Coefficient* ( $C_L$ )

*Lift Coefficient* adalah bilangan tidak berdimensi yang menunjukkan *lift force* yang dihasilkan oleh sebuah benda pada kondisi tertentu. Parameter yang mempengaruhi diantaranya adalah densitas fluida di sekitar benda, kecepatan fluida, dan luas dari *surface* yang terkena aliran fluida. *Lift coefficient* dirumuskan sebagai berikut:

$$C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2} \rho A v^2} \quad (1)$$

Dimana:

$C_L$  : *Lift Coefficient*

$F_L$  : *Lift Force* (N), nilai  $F_L$  didapatkan dari gaya yang terjadi pada pegas saat osilasi terjadi dan dapat dicari menggunakan rumus  $F = kx$ . Dimana  $k$  adalah *spring rate* dari pegas dan  $x$  adalah defleksi yang terjadi. Besarnya defleksi didapat dari pengukuran amplitudo yang telah dilakukan

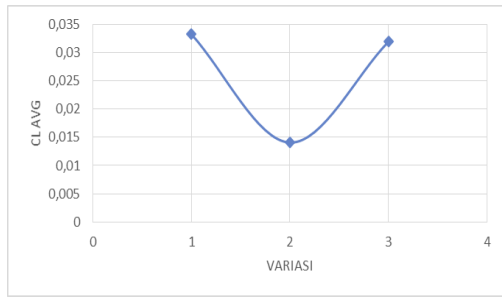
$\rho$  : Densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

A : *Cross section area* (m<sup>2</sup>)

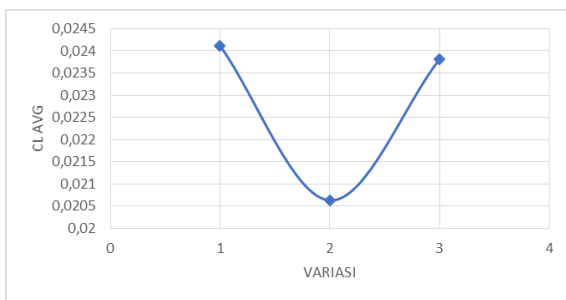
$v$  : Kecepatan fluida (m/s)

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

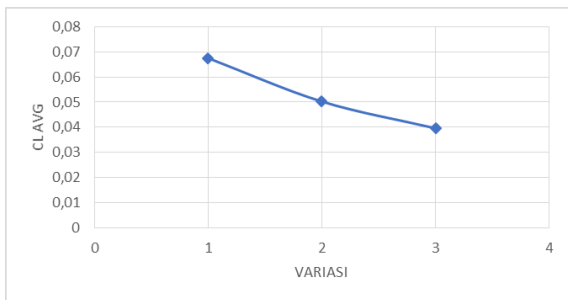
#### 3.1 Pengaruh *center to center spacing* terhadap *lift coefficient* (CI)



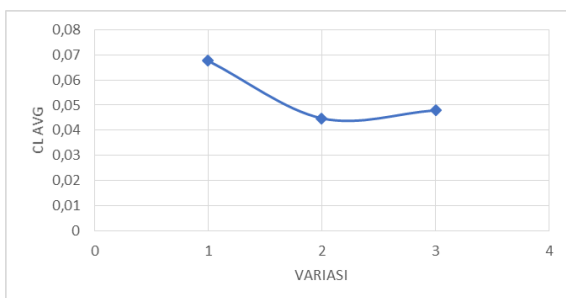
Gambar 4 Grafik CI rata-rata silinder DA setiap variasi



Gambar 4 Grafik CI rata-rata silinder DB setiap variasi



Gambar 5 Grafik CI rata-rata silinder BA setiap variasi

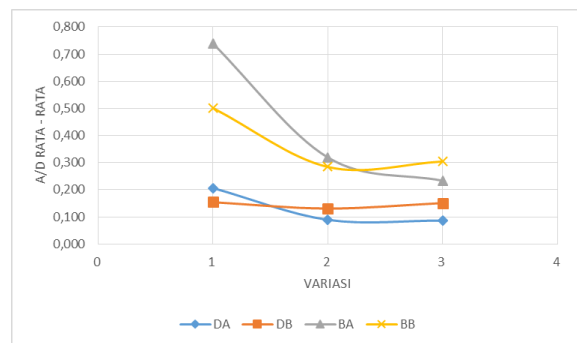


Gambar 6 Grafik CI rata-rata silinder BB setiap variasi

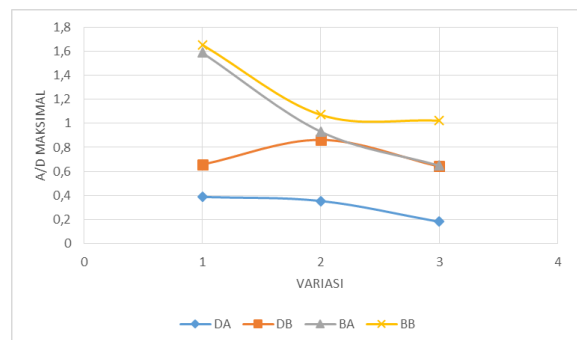
Gambar 4, gambar 5, gambar 6, dan gambar 7, menunjukkan nilai rata - rata *lift*

*coefficient* (CI) masing – masing silinder pada tiap variasi melalui pengujian secara eksperimen. Silinder DA dan DB memiliki nilai CI rata – rata yang fluktuatif seiring dengan meningkatnya jarak antar silinder. Nilai CI rata – rata terkecil terdapat pada variasi  $d/D = 4$ . Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 4 dan gambar 5. Sedangkan untuk silinder BA dan silinder BB, memiliki nilai CI rata – rata yang menurun seiring dengan peningkatan jarak antar silinder. Penurunan nilai CI pada silinder BA dan BB dengan semakin meningkatnya jarak antar silinder sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh (Assi, Bearman, & Meneghini, 2010) yang menyatakan bahwa amplitudo osilasi menurun dengan semakin meningkatnya jarak logitudinal karena pusaran yang terbentuk dari silinder depan lebih membaur saat jarak antar silinder meningkat, sebagai gantinya, *lift force* (FI) juga semakin menurun. Secara keseluruhan, jarak antar silinder memiliki pengaruh terhadap *lift coefficient* (CI) dari masing – masing silinder. Variasi jarak terdekat  $d/D = 2$  memiliki nilai CI rata – rata tertinggi jika dibandingkan dengan variasi jarak lainnya

#### 3.2 Pengaruh *center to center spacing* terhadap rasio amplitudo (A/D)



Gambar 7 Grafik perbandingan A/D rata-rata tiap variasi



Gambar 8 Grafik perbandingan A/D maks tiap variasi

Berdasarkan gambar 9 dapat diketahui bahwa silinder dengan posisi vertikal yang sama memiliki tren grafik yang hampir sama. Silinder

depan-atas (DA) dan silinder belakang-atas (BA) memiliki nilai  $A/D$  yang cenderung menurun seiring dengan peningkatan jarak antar silinder. Sedangkan, untuk silinder depan-bawah (DB) dan silinder belakang-bawah (BB) memiliki tren grafik yang fluktuatif dimana pada variasi  $d/D = 4$  nilai  $A/D$  mengalami penurunan.

Secara keseluruhan, kecenderungan respon dari silinder belakang (BA dan BB) selalu memiliki nilai  $A/D$  rata-rata dan  $A/D$  maksimal yang lebih tinggi dibandingkan dengan silinder depan (DA dan DB) baik pada posisi atas maupun bawah. Hal ini menunjukkan bahwa adanya silinder depan memberikan pengaruh atau adanya interferensi terhadap silinder dibelakangnya. Pengaruh tersebut salah satunya berasal dari pelepasan *vortex* yang terbentuk dari silinder depan yang dapat mempengaruhi silinder belakang apabila posisi silinder belakang sejajar dengan silinder depannya ataupun mendekati silinder depannya. *Vortex* yang terbentuk dari silinder belakang membuat perlakuan yang diterima oleh silinder belakang berbeda dengan silinder depannya, karena *vortex* tersebut dapat mengubah vektor kecepatan aliran fluida yang mempengaruhi silinder belakang, sehingga respon dari silinder belakang jauh berbeda dibandingkan dengan silinder depan. Dengan adanya fenomena tersebut, membuat semakin dekatnya jarak antar silinder menyebabkan rasio amplitudo,  $A/D$  semakin meningkat pada tugas akhir ini dan menunjukkan bahwa respon dari silinder belakang sensitif terhadap jarak antar silinder.

Hasil yang didapat pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Copper dan Wardlaw (1971) yang mengamati bahwa osilasi yang terjadi pada silinder belakang yang terjadi akibat *wake* yang terbentuk pada silinder depan akan terus terjadi hingga jarak antar pusat silinder ( $d/D=20$ ). Selain itu, (S. Kim & Alam, 2009) melakukan penelitian secara eksperimen *flow induced motion* (FIM) pada dua silinder osilasi yang disusun secara tandem dengan variasi jarak antar silinder. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa amplitudo maksimum dari kedua silinder secara signifikan dipengaruhi oleh jarak celah antar silinder. Jika semakin rendahnya celah antar silinder dapat meningkatkan osilasi yang terjadi, maka dapat pula meningkatkan *power density* dari VIVACE. Selain itu, (E. S. Kim, 2011) menyatakan bahwa pada  $d/D \geq 2,57$ , nilai  $A/D$  maksimum dan region sinkronisasi menurun seiring dengan meningkatnya jarak antar silinder, dan  $A/D$  maksimum terjadi pada *reduced velocity*,  $U^*$ , yang lebih tinggi dan

kekakuan pegas yang rendah. Namun pada tugas akhir ini tidak melakukan perubahan terhadap kekakuan pegas,  $k$ , nilainya konstan sebesar 15 N/m.

#### 4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian simulasi dan analisa yang telah dilakukan berikut, dapat disimpulkan bahwa *center to center spacing* berpengaruh terhadap performa VIVEC yang ditinjau dari rasio amplitudo,  $A/D$  dan *lift coefficient*,  $Cl$ , yang dihasilkan oleh masing-masing silinder VIVEC

- Nilai rasio amplitudo,  $A/D$ , berbanding terbalik dengan *center to center spacing*. Semakin dekat jarak antar silinder, maka didapatkan nilai  $A/D$  yang semakin tinggi.
- Nilai *lift coefficient* semakin menurun seiring dengan peningkatan jarak antar silinder pada silinder belakang (BA dan BB) dan fluktuatif pada silinder depan (DA dan DB)
- Silinder belakang (BA dan BB) memiliki respon yang lebih baik dibandingkan dengan silinder depan (DA dan DB) pada semua variasi jarak

#### DAFTAR PUSTAKA

- Assi, G. R. S., Bearman, P. W., & Meneghini, J. R. (2010). On the wake-induced vibration of tandem circular cylinders: The vortex interaction excitation mechanism. *Journal of Fluid Mechanics*, 661(2010), 365–401
- Fraenkel, P. L. (2007). Marine current turbines: Pioneering the development of marine kinetic energy converters. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 221(2), 159–169
- Garcia, E. M. (2008). Prediction by Energy Phenomenology for Harnessing Hydrokinetic Energy Using Vortex-Induced Vibrations by. *Scientist*
- Khan, M. J., Iqbal, M. T., & Quaicoe, J. E. (2008). River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(8), 2177–2193
- Kim, E. S. (2011). *Synergy of Multiple Cylinders In Flow Included Motion For Hydrokinetic Energy Harvesting*
- Kim, S., & Alam, M. M. (2009). Free vibration of two identical circular cylinders in staggered arrangement. *Fluid Dynamics Research*, 41(3)

Lago, L. I., Ponta, F. L., & Chen, L. (2010). Advances and trends in hydrokinetic turbine systems. *Energy for Sustainable Development*, 14(4), 287–296

Raghavan, K. (2007). Energy Extraction from a Steady Flow Using Vortex Induced Vibration, 344



# PERANCANGAN PRODUK APE DENGAN MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)

Evendi Andrianto<sup>1</sup>, Trismawati<sup>2</sup>, Yustina Suhandini Tj<sup>3</sup>

Universitas Panca Marga, Probolinggo, Indonesia

<sup>1</sup>evendiandrianti@gmail.com, <sup>2</sup>trismawati@upm.ac.id, <sup>3</sup>yustina.upm@gmail.com

## ABSTRACT

*The wood processing industry is one of the wood industry sectors in processing logs into boards, reng, usuk, and kusein, this industry produces residual waste in the form of powder, and wood waste. Wood waste is a potential opportunity to be used as an Educational Game Tool (EGT) for early childhood. Educational game tool (EGT) is a game tool specifically designed to help schools improve aspects of child development by stimulating it using educational-value game tools so that the intelligence possessed by children can develop optimally. The EGT design has developed, both in terms of form and function. As the development of the era EGT was made in accordance with the interests of early childhood. Based on this background, this study aims to design and make products for educational games in the form of puzzles and blocks according to the requirements of the users. To realize this goal, the Quality Function Deployment (QFD) method is used. The Educational Game Tool (EGT) is expected to provide alternative play and learning activities for children to improve children's cognitive learning and psychomotor development in terms of children's play so that they are able to handle problems independently and help encourage teachers to be more creative in learning children with media interesting so that children are not easily bored when studying or playing.*

**Keywords:** Clean industry, Educational Game Tools (EGT), Wood Waste, QFD

## INTISARI

Industri pengolahan kayu merupakan salah satu bidang industri perikanan dalam pengolahan kayu gelondongan menjadi papan, reng, usuk, dan kusein, industri ini menghasilkan limbah sisa dalam bentuk serbuk, dan sisa kayu. Limbah kayu merupakan sebuah peluang potensi untuk dijadikan sebagai Alat Permainan Edukatif (APE) untuk anak-anak usia dini. alat permainan edukatif (APE) adalah alat permainan yang dirancang khusus untuk membantu sekolah meningkatkan aspek perkembangan anak dengan cara menstimulasinya menggunakan alat permainan yang bernilai edukatif agar kecerdasan yang dimiliki oleh anak dapat berkembang secara optimal. Desain APE mengalami perkembangan, baik dari aspek bentuk maupun fungsi. Seiring perkembangannya jaman APE dibuat sesuai dengan minat anak-anak usia dini. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat produk Alat permainan Edukatif berupa Puzzle dan Balok sesuai requirement dari penggunaanya. Untuk mewujudkan tujuan itu digunakan Metode *Quality Function Deployment* (QFD). Alat Permainan Edukatif (APE) diharapkan dapat memberikan alternatif kegiatan bermain dan belajar anak yang bertujuan untuk meningkatkan kognitif anak pada saat belajar dan mengembangkan psikomotorik dalam hal bermain anak agar terampil mengatasi masalahnya secara mandiri dan membantu mendorong guru untuk dapat lebih kreatif membelajarkan anak dengan media yang menarik sehingga anak tidak mudah bosan pada saat belajar ataupun bermain.

**Kata Kunci :** Industri bersih, Alat Permainan Edukatif (APE), Limbah Kayu, QFD

## PENDAHULUAN

Industri yang ada di Indonesia sebagian besar menggunakan bahan produksi yang berasal dari sumber daya alam (SDA) yang ada di lingkungan sekitar. Dimana perusahaan saat ini menerapkan konsep produksi bersih sebagai pencegahan pencemaran limbah terhadap

lingkungan dan manusia dari keseluruhan daur hidup produknya.

Produk bersih adalah sebuah program strategis bersifat proaktif yang diterapkan untuk menyelaraskan kegiatan pembangunan ekonomi dalam upaya perlindungan lingkungan (Arief, 2016). Dengan menerapkan produksi bersih selain meminimalisir adanya limbah di lingkungan

sekitar, maka limbah yang dihasilkan dari produksi dimanfaatkan sebagai sarana membuat suatu produk yang ramah lingkungan dan membuka lahan pekerjaan baru bagi masyarakat untuk berwirausaha (*Enterpreuner*).

Probolinggo merupakan suatu kota kecil penghasil berbagai jenis tanaman dan tumbuh-tumbuhan, sehingga sangat berpotensi untuk dikembangkan usaha kerajinan/industri rumah tangga di bidang perkayuan, yang sering menyisakan kayu-kayu limbah dan belum mendapat perhatian. Sementara ini kayu limbah oleh masyarakat pedesaan baru digunakan sebagai kayu bakar untuk memasak. Dengan sentuhan teknologi tepat guna yang sangat sederhana Kayu Limbah dapat diolah menjadi sebuah produk yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Untuk meminimalisir hasil dari limbah kayu yg ada diwilayah probolinggo, Alat Permainan Edukatif yang ramah lingkungan dirancang sebagai penggunaan media pembelajaran yang inovatif dan kreatif.

Alat Permainan Edukatif (APE) merupakan alat yang dirancang khusus sebagai alat untuk bantu belajar dan dapat mengoptimalkan perkembangan anak, disesuaikan dengan usia dan tingkat perkembangannya (Suryadi, 2007) . Dan alat permainan edukatif juga dapat diartikan sebagai media dari sistem yang pada dasarnya adalah proses yang sistematis dan sinergi dengan berbagai komponen seperti bahan kegiatan, prosedur didaktid, pengelompokan anak (Syamsuardi, 2012).

Berdasarkan survei yang dilakukan, Alat Permainan Edukatif jarang digunakan oleh anak dalam melakukan permainan di lingkungan sekolah maupun di luar lingkungan sekolah, kebanyakan anak jaman sekarang permainan yang digunakan yaitu *Smartpohone* sebagai sarana alat bermain dan belajar. Beberapa gelintir orang tua dan guru juga disinyalir sering mengeluh minimnya APE ditempat mereka mengajar. Hal ini disebabkan harganya yang relative tinggi, sehingga kebanyakan sekolah tidak memiliki APE sebagi bahan model pembelajaran untuk anak usia dini. Maka Penelitian ini merancang produk APE berupa Balok dan Puzzle dengan memanfaatkan limbah kayu yang ada di lingkungan sekitar.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam perancangan produk Alat Permainan Edukatif (APE) agar sesuai dengan permintaan *customer* adalah *Quality Function Deployment* (QFD). QFD adalah metode terstruktur yang digunakan dalam proses perencanaan dan pengembangan produk untuk menetapkan spesifikasi kebutuhan dan keinginan konsumen,

serta mengevaluasi suatu produk dalam memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen (Hasanah, 2007).

## METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui rancangan produk dengan memanfaatkan limbah menjadi produk VendiAPE. Pengamatan dilakukan secara langsung untuk mengetahui aspek teknis pada produk dari desain bentuk produk sampai penggunaan produk. Untuk mengidentifikasi atribut produk APEV yang dinilai penting oleh konsumen yaitu dengan menggunakan pendekatan QFD sebagai alat ukur kepuasan pelanggan. Dimana QFD merupakan suatu alat analisa untuk menjabarkan kebutuhan pelanggan, mengevaluasi produk atau jasa secara sistematis mengenai kemampuannya memenuhi kebutuhan tersebut (Adriantranti, 2008). langkah pertama dengan membuat kuesioner yang dilakukan setelah melakukan pengamatan langsung. Kuesioner dirancang untuk mengumpulkan data *Customer Need* terhadap perancangan produk APEV. Adapun kuisisioner dibuat ditujukan kepada Anak Taman Kanak-Kanak (TK) yang berjumlah 210 Siswa diantaranya TK Pusporini Kota probolinggo (90 siswa) dan TK Kartini PG Wonolangan Kabupaten Probolinggo (120 siswa) . Jumlah data sampel yang dikumpulkan adalah sebanyak 68 kuesioner dan yang layak digunakan sebanyak 65 kuisisioner.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Tahap Pengumpulan Suara Pelanggan

*Voice of the customer* merupakan suara pelanggan yang didapat dari hasil pengumpulan data kualitatif (wawancara) kepada beberapa pelanggan untuk mengetahui kebutuhan yang sesungguhnya.

Tabel 1. Voice Of The Customer

No	Atribut Primer	Atribut Skunder
1	Kualitas Produk yang baik	Kuat karena terbuat dari limbah kayu Mudah dibawa Aman Desain Menarik Warna - warni Tidak rumit
2	Bentuk produk	Balok dan puzzle
3	Kelebihan produk	Merangsang kreatifitas Meningkatkan aspek motorik,kognitif, dan sosial anak Mengurangi penggunaan HP yang berlebih
4	Harga	Terjangkau

Data jumlah responden terhadap atribut produk yang dihasilkan pada saat distribusi ke lapangan yaitu 68 responden.

Tabel2. Data Jumlah Responden Terhadap Atribut Produk

No	Pernyataan	1 STS	2 TS	3 KS	4 S	5 SS
1.	APE yang kuat karena terbuat dari limbah kayu			7	39	22
2	APE mudah dibawa (ringan)			4	27	37
3	APE memiliki desain yang menarik				27	41
4	Permainan dengan bentuk balok dan puzzle	1	6		28	33
5	Mainan yang berwarna warni dan menarik				17	51
6	APE mudah dimainkan (tidak rumit)				24	44
7	APE saat dimainkan tidak menimbulkan bahaya yang serius			4	29	35
8	Harga terjangkau			2	23	43

Keterangan :

1 = STS (Sangat Tidak Setuju); 2 = TS (Tidak Setuju); 3 = KS (Kurang Setuju); 4 = S (Setuju); 5= SS (Sangat Setuju)

### b. Tahap Pembuatan HOQ

Pada tahap ini peneliti akan memberikan atau memunculkan solusi untuk memenuhi keinginan pelanggan. Atau dengan kata lain, solusi yang ditawarkan merupakan respon (secara teknis) terhadap *voice of the customer* untuk dapat memenuhi kepuasan pelanggan. Respon teknis yang didapatkan menggambarkan kemampuan teknis yang mampu merespon keinginan pelanggan seperti pada tabel berikut :

Tabel 3. Respon Teknis

No	Atribut	Repon Teknis
1	Ape yang kuat karena terbuat dari limbah kayu	Terbuat dari limbah kayu

2	APE Mudah dibawa (Ringan)	
3	APE saat dimainkan tidak menimbulkan bahaya yang serius	
4	Harga terjangkau	
5	APE memiliki desain yang menarik	Desain berdasarkan kemauan konsumen
6	Permainan dengan bentuk balok dan puzzle	Menggunakan beragam cat dan sticker
7	Mainan yang berwarna-warni dan Menarik	Berbentuk sederhana
7	APE mudah dimainkan (Tidak Rumit)	Menggunakan beragam cat dan sticker

### c. Relationship Matrix

Matriks hubungan (*Relationship matrix*) perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana respon teknis tersebut dapat memenuhi kebutuhan pelanggan.

### d. Technical Correlation

Korelasi teknis (*Technical Correlation*) perlu dibuat untuk memetakan hubungan dan ketergantungan antar peneliti respon

### e. Menentukan Planning Matrix

*Planning matrix* merupakan analisis perhitungan yang digunakan untuk merancang strategi perusahaan.

### f. Importance to Customer

Dalam bagian ini berisikan mengenai atribut kepentingan model mainan Alat Permainan Edukatif (APE).

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Importance To Customer*

No	Customer Need	Importance to Customer
1	APE yang kuat karena terbuat dari limbah kayu	0,10
2	APE mudah dibawa (Ringan)	0,30
3	APE memiliki desain yang menarik	0,26
4	Permainan dengan bentuk balok dan puzzle	0,20
5	Mainan yang berwarna-warni dan Menarik	0,01
6	APE mudah dimainkan (Tidak Rumit)	0,17
7	APE saat dimainkan tidak menimbulkan bahaya yang serius	0,04
8	Harga terjangkau	0,04

**g. Sales Point**

Sales point adalah informasi mengenai kemampuan menjual produk atau jasa berdasarkan seberapa baik Customer Need terpenuhi. Nilai sales point sebagai berikut :

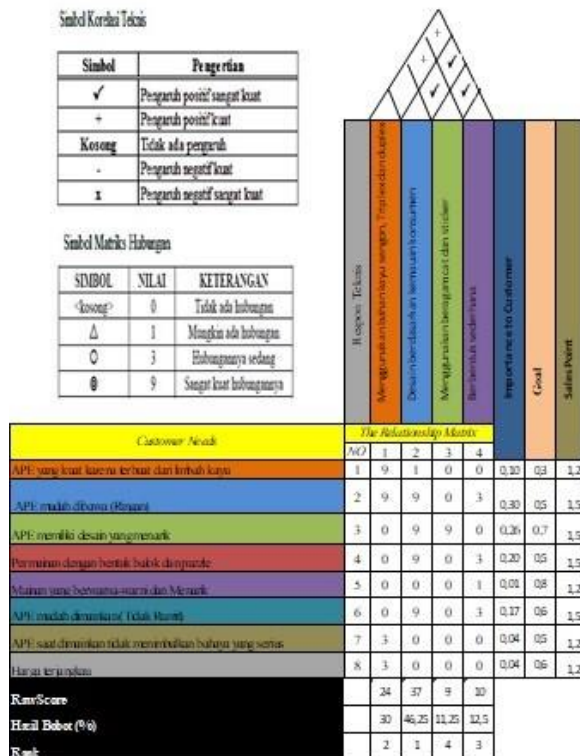
- a Titik penjualan menengah : 1,2
- b Titik penjualan kuat : 1,5

Sales point ditentukan berdasarkan urutan kepentingan Customer Need yang terdapat di tabel 4.

Tabel 5. Salespoint

No	Customer Need	Nilai Goal
1	APE yang kuat karena terbuat dari limbah kayu	0,3
2	APE mudah dibawa (Ringan)	0,5
3	APE memiliki desain yang menarik	0,7
4	Permainan dengan bentuk balok dan puzzle	0,5
5	Mainan yang berwarna-warni dan Menarik	0,8
	APE mudah dimainkan (Tidak Rumit)	0,6
7	APE saat dimainkan tidak menimbulkan bahaya yang serius	0,5
8	Harga terjangkau	0,6

**h. Pembuatan HOQ**



Gambar 1. House Of Quality Pembuatan APEV

**g. Desain Produk**

Dalam pembuatan suatu produk alat permainan edukatif (APE) perancang harus dapat melihat karakteristik teknis desain model APE, karena karakteristik teknis ini mempunyai nilai bobot yang paling tinggi dibandingkan dengan bobot karakteristik yang lain. Oleh karena karakteristik teknis yang paling diutamakan adalah desain sesuai kemauan pelanggan dan alat permainan edukatif (APE) yang mudah dibawa, maka peneliti memerlukan atribut-atribut untuk desain bentuk dan modelnya yang diperlukan untuk perancangan APEV. Dari hasil yang telah didapatkan, dibuatlah rancangan APEV balok dan puzzle kayu seperti dibawah ini.



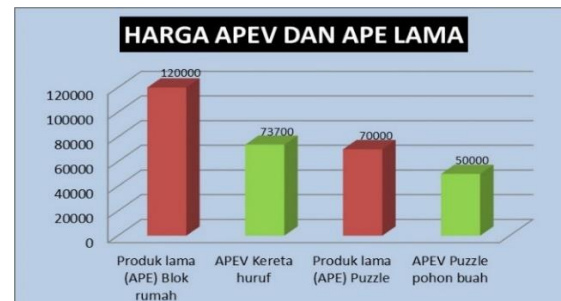
Gambar 2. Hasil Pembuatan APEV Balok dan Puzzle kay

Produk APEV yang sudah dibuat ini sudah bisa dinikmati oleh anak-anak dengan cara pembeliannya bisa lewat online yang telah terdaftar di aplikasi jual beli yang bernama shopee, mengenai harga yang ditawarkan sangatlah terjangkau dibandingkan dengan harga APE yang ada dipasaran berikut adalah harga APEV yang sudah ditetapkan.

Tabel 7. Harga APEV

No	Nama Produk	Harga
1	Balok kereta huruf	Rp73.700
2	Puzzle pohon kayu	Rp50.000

Dapat dilihat pada grafik dibawah ini perbandingan harga APEV dengan APE lama jauh berbeda dikarenakan bahan baku pembuatan produk APEV menggunakan limbah kayu yang ada disekitar kita sehingga itu yang membuat harga APEV ini sangat terjangkau.



Gambar 3. Grafik harga APEV dan APE lama

## KESIMPULAN

Adapun perancangan produk APEV yang dilakukan oleh peneliti dengan menggunakan metode *Quality Fuction Deployment* (QFD) dapat disimpulkan sebagai berikut.:

1. Dengan adanya perancangan produk APEV sangat membantu dalam meminimalisir limbah kayu yang ada di wilayah Probolinggo dengan produk yang bernilai ekonomis.
2. Desain APEV yang kreatif dari limbah kayu ialah perancangan produk yang sesuai dengan tingkat keinginan konsumen. Sehingga peneliti lebih menekankan pembuatan produk APEV pada *customer need* desain bentuk yang menarik sesuai trend saat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Arief, Muhammad. 2016, *Pengolahan Limbah Industri Dasar-dasar dan Aplikasi di Tempat Kerja*. CV Andi Offset: Yogyakarta.

Suryadi. 2007. *Cara Efektif Memahami Perilaku Anak Usia Dini EDSA*, Mahkota: Jakarta.

Syamsuardi. 2012. Penggunaan Alat Permainan Edukatif (Ape) Di Taman Kanak-Kanak Paud Polewali Kecamatan Tanete Riattang Barat Kabupaten Bone. *Jurnal Publikasi*. 2(1): 59-67

Hasanah Uswatun. 2007. *Penerapan konsep quality function deployment (QFD) dalam meningkatkan kualitas dan mengembangkan produk sepeda motor honda karisma 125D*. Laporan Penelitian. UNNES Semarang.

Adriantranti, Emmalia. 2008 Aplikasi Metode Quality Function Deployment(QFD) dalam Usaha Memenuhi Kepuasan Pelanggan terhadap Produk Aqua Gelas 240 ml pada PT. Tirta Investama Pandaan. *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Teknik Industri*. 2008.

# ANALISA KUALITAS JASA DI LINGKUNGAN AKADEMIK PADA PROGRAM STUDI X, UNIVERSITAS Y

Diah Wilis Lestaring Basuki<sup>1)</sup>, Mariza Kertaningtyas<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Informatika, <sup>2)</sup>Teknik Mesin; Institut Teknologi Nasional Malang

Email : [wilisbasuki@gmail.com](mailto:wilisbasuki@gmail.com)

## ABSTRACT

*Quality means when customer needs meet 'products' and then deliver customer satisfaction as a result. To provide such a higher quality means it requires an investment more over increases costs. With the growth of economics and technologies created competition among nations which means in quality as well. In turn, education became responsible for teaching science and technologies. Governments have long involved in managing quality in education. Their visions have included in Tri Dharma Perguruan Tinggi. This aim of this paper is to point out the possibility gap between perception and expectation in teaching and learning process. The measuring instruments included 22 items divided into 5 dimensions to assess quality, including: [1] Direct evidence (tangibles), [2] Reliability, [3] Responsiveness, [4] (assurance) , and [5] Empathy.*

**Keywords:** *perception, expectations, education, institution, service quality, fishbone diagram*

## INTISARI

Kualitas merupakan pertemuan antara kebutuhan konsumen dengan produk yang disediakan yang pada akhirnya merujuk pada kepuasan konsumen. Kualitas bernilai tinggi membutuhkan investasi yang tinggi, bahkan juga dapat meningkatkan biaya. Dengan pertumbuhan ekonomi dan teknologi yang tinggi, secara tidak langsung menumbuhkan juga persaingan antar Negara. Yang pada akhirnya pendidikan memiliki peranan penting dalam pembangunan, lewat proses belajar mengajarnya tentang sains dan teknologi. Pemerintah juga turut andil dalam upayanya meningkatkan kualitas dalam bidang pendidikan. Dimana visinya tertuang dalam Tri Dharma Perguruan Tinggi. Tujuan utama penelitian ini adalah menarik kemungkinan gap yang terjadi antara persepsi dan ekspektasi pada proses belajar mengajar. Alat instrument penelitian terdapat 22 item yang terbagi dalam 5 dimensi, yaitu: : [1] Bukti langsung (tangibles), [2] Keandalan (reliability), [3] Daya tanggap (responsiveness), [4] Jaminan (assurance), dan [5] Empathy.

Kata kunci : persepsi, ekspektasi, pendidikan, institusi, *service quality, fish bone diagram*

## PENDAHULUAN

Dengan segala kemudahan dan kesempatan belajar yang ada, pendidikan menjadi hal mutlak yang harus dimiliki oleh setiap orang (Gustopo; 2003). Hal ini kemudian memicu perguruan tinggi untuk lebih meningkatkan lagi perannya dalam dunia pendidikan. Kualitas pendidikan harus dapat sejalan dengan semakin tinggi teknologi. Kemajuan teknologi dapat dilalui dengan cara *improvise, adapt, and overcome* (Costel I. Negricea, et all; 2012)..

Akreditasi merupakan penilaian kelayakan terhadap perguruan tinggi yang masing – masing instrument dan kriterianya dibuat berdasarkan acuan standart nasional pendidikan (BAN-PT). Untuk memenuhi tuntutan tersebut, maka perguruan tinggi melalui program-program studinya perlu memperoleh kepercayaan masyarakat dengan jaminan kualitas (*quality assurance*), pengendalian kualitas (*quality control*), perbaikan kualitas (*quality improvement*).

Jaminan, pengendalian, dan pembinaan atau perbaikan kualitas dapat diberikan kepada perguruan tinggi atau program studi yang telah dievaluasi secara cermat melalui proses akreditasi secara nasional (BAN-PT, 1998). Karena sifat penilaiannya objektif, adil, transparan dan komprehensif maka masyarakat luas dapat dengan mudah mengakses hasil nilai tersebut. Dan sejak saat itu, nilai akreditasi telah menjadi tolak ukur masyarakat dalam menilai kualitas dari perguruan tinggi, sehingga perguruan-perguruan tinggi baik dari PTN maupun PTS saling berlomba untuk meningkatkan kualitas diri (Munjiati, 2005:119-134).

Banyak studi telah menunjukkan bahwa usaha pencapaian dari peningkatan kualitas jasa dari PT sangat berpengaruh terhadap calon mahasiswa yang dalam hal ini dapat dikatakan sebagai potensial customer, dalam memilih PT sebagai tempat pendidikannya (Asaduzzma, et all ; 2013). Di era globalisasi saat ini, tuntutan terhadap perguruan tinggi

bukan lagi hanya menghasilkan lulusan yang baik dalam akademik, tetapi juga harus secara mental. Untuk mempersiapkan hal tersebut, bukanlah suatu hal yang mudah. *Continues improvement* dalam hal kualitas (*Quality assurance, quality control dan quality improvement*) harus menjadi budaya bagi setiap perguruan tinggi bila ingin tetap dapat bersaing dengan dunia luar. Dan untuk dapat memenuhi tuntutan tersebut, perguruan tinggi harus dapat mengetahui apakah ekspektasi masyarakat terhadap pendidikan sudah sesuai atau bahkan telah melampaui persepsinya.

Ada berbagai macam jenis stakeholder, tetapi customer merupakan stakeholder yang sangat berpengaruh penting dalam berbagai industry,. Dalam dunia pendidikan, mahasiswa merupakan salah satu stakeholder yang sangat penting (IWA, 2007; Sakthivel, Rajendran, dan Raju, 2005; Hill, 1995; Zairi, 1995).

Penilaian dilakukan kepada mahasiswa, hal ini dilakukan karena mahasiswa bersentuhan langsung dengan konsep kualitas jasa yang ditawarkan PT (Legcevic, Jelena; 2009) melebihi staf maupun akademika ( Ramaiyah 2007). Dengan mengetahui ekspektasi dan persepsi mahasiswa akan kualitas pelayanan yang diberikan oleh prodi dan faktor lainnya, akan sangat berguna sebagai dasar perbaikan kualitas pelayanan yang diberikan prodi, dan ini juga secara tidak langsung akan sangat memberi kontribusi yang besar bagi institusi pendidikan yang bersangkutan (Coskun, 2014).

## KONSEPTUAL KUALITAS JASA

Kualitas merupakan pertemuan kebutuhan konsumen dengan jasa yang disediakan (Juran, et all; 1998). Kepuasan konsumen sangat berpengaruh di setiap industry, terutama dalam industry jasa (Anderson, et all ; 1994).

Kualitas jasa dikatakan baik, ideal atau bernilai positif apabila jasa yang dirasakan (*perceive service*) sesuai dengan yang diharapkan (*expected service*). Tetapi, apabila jasa yang dirasakan kurang atau tidak sesuai dengan yang diharapkan, maka kualitas jasa tersebut sangat buruk atau negative. Sedangkan kualitas jasa dikatakan *delight* apabila kualitas jasa yang dirasakan melebihi ekspektasi ( Zeithaml et all 1990). Sehingga dapat dikatakan bahwa baik buruknya kualitas jasa, sangat bergantung dari kemampuan penyedia jasa dalam menjawab kebutuhan konsumennya. Konsep selisih antara persepsi ekspektasi ini (*perception-expectation gap*) dijadikan sebagai dasar skala penilaian dari kualitas jasa.

*Service quality* adalah instrumen yang digunakan untuk menilai persepsi konsumen terhadap kualitas jasa (Parasuraman et all, 1988)

Ada 5 dimensi pokok dalam penilaian kualitas jasa menurut Parasuraman, antara lain : [1] Bukti langsung (*tangibles*), meliputi fasilitas fisik, perlengkapan, pegawai dan sarana komunikasi. [2] Keandalan (*reliability*), yaitu kemampuan memberikan pelayanan yang dijanjikan dengan segera, akurat dan memuaskan. [3] Daya tanggap (*responsiveness*), yaitu keinginan para staf untuk membantu para pelanggan dan memberikan pelayanan dengan tanggap.[4] Jaminan (*assurance*), mencakup pengetahuan, kesopanan dan sifat dapat dipercaya yang dimiliki para staf, bebas dari bahaya, resiko atau keragu-raguan. [5] *Empathy*, meliputi kemudahan dalam melakukan hubungan, komunikasi yang baik, perhatian pribadi dan memahami kebutuhan para pelanggan (Parasuraman et all, 1990).

## METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil kuesioner, arsip dan dokumentasi di prodi. Pendataan hanya dilakukan kepada mahasiswa yang masih aktif kuliah.

### Tahap 1 :Studi Pendahuluan

### Tahap 2 : Identifikasi Masalah

### Tahap 3 : Mapping & Pengembangan Strategi

- Melakukan analisa terhadap kualitas pelayanan di Prodi X berdasarkan *Perceived Service Quality*.
- Menganalisis GAP *ServQual* antara ekspektasi dan persepsi dari sisi pandang mahasiswa berdasarkan *Perceived Service Quality*.
- Menemukan variabel-variabel *Quality Service* mana yang paling berpengaruh terhadap kualitas pelayanan yang ada di Prodi X berdasarkan *Perceived Service Quality*

### Tahap 4 : Uji Instrumen

Kuesioner dikembangkan berdasarkan 5 dimensi *ServQual* yang masing-masing itemnya memiliki kriteria penilaian tersendiri (lihat Tabel 1), yaitu: mahasiswa diminta mengisi kuesioner, dimana penilaian menggunakan skala Likert 1-5 dengan kriteria penilaian 1 = Sangat Setuju; 2 = Setuju; 3 =Ragu-ragu; 4 = Tidak Setuju; 5 = Sangat tidak Setuju. Setiap butir pertanyaan wajib diberikan penilaian mengenai kesesuaian ekspektasi dan persepsi mereka pada saat kuliah.



Tabel 1  
Data Hasil Analisis dan Intrepretasi

<b>Bukti Fisik (Tangibles) X1</b>		<b>2,6</b>
1	(X1.1) Fasilitas pendidikan yang selalu update	1,2
	(X1.2) Fasilitas pendidikan yang ditawarkan terlihat menarik	-0,4
	(X1.3) Dosen dan staf berpenampilan rapi	0,2
	(X1.4) Fasilitas ruang kuliah yang tersedia	1,6
<b>Keandalan (Reliability) X2</b>		<b>2,9</b>
2	(X2.1) Dosen dan staf selalu menepati janji dalam memberikan layanan	0,6
	(X2.2) Dosen dan staf mempunyai kepedulian untuk membantu mahasiswa	1,5
	(X2.3) Dosen dan staf mengutamakan pelayanan	0,7
	(X2.4) Dosen selalu tepat waktu dalam memberikan perkuliahan	-0,3
	(X2.5) Staf tidak melakukan kesalahan dalam pengurusan administrasi mahasiswa	0,4
<b>Daya Tanggap (Responsiveness) X3</b>		<b>3,3</b>
3	(X3.1) Dosen dan staf selalu memiliki waktu untuk menanggapi keluhan mahasiswa	1,2
	(X3.2) Staf memberikan pelayanan yang cepat	1,3
	(X3.3) Dosen memiliki waktu luang untuk berkonsultasi	-0,2
	(X3.4) Dosen dan staf selalu siap membantu mahasiswa	1
<b>Jaminan (Assurance) X4</b>		<b>3,4</b>
4	(X4.1) Cara bekerja staf memberikan rasa percaya kepada mahasiswa	0,5
	(X4.2) Dosen dan staf mampu memberikan rasa aman saat proses belajar mengajar	0,3
	(X4.3) Dosen dan staf berperilaku sopan terhadap mahasiswa	1,2
	(X4.4) Dosen dan staf mampu dalam melaksanakan tugasnya	1,4
<b>Kemudahan Hubungan (Emphaty) X5</b>		<b>2,8</b>
5	(X5.1) Jurusan memberikan perhatian kepada seluruh mahasiswa	0,3
	(X5.2) Dosen dan staf selalu peduli terhadap mahasiswa	0,1
	(X5.3) Dosen dan staf selalu memberikan perhatian kepada mahasiswa	0,6
	(X5.4) Jurusan memahami kebutuhan mahasiswa	0,8
	(X5.5) Jurusan cepat tanggap dalam permasalahan yang dihadapi mahasiswa	1

### ANALISA FAKTOR PENYEBAB DENGAN FISHBONE DIAGRAM

Setelah mengetahui kriteria mana yang bernilai negative, selanjutnya diagram tulang ikan (*Fishbone Diagram*) digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya penyimpangan. Hal ini dilakukan agar dapat menggali lebih dalam akar penyebab permasalahan yang terjadi.

Ada 2 faktor utama yang berpengaruh besar yang memicu terjadinya permasalahan. Faktor tersebut adalah :

#### 1. Waktu yang dimiliki dosen

Dosen merupakan salah satu tenaga kependidikan professional yang bertugas mentransformasikan, mengembangkan sekaligus menyebarkan IPTEKS baik lewat pendidikan, penelitian maupun lewat pengabdian kepada masyarakat. Tetapi hal tersebut tidak dapat dipungkiri bahwa dosen juga memiliki kewajiban lain yang harus dipenuhi untuk tetap bahkan melampaui pemenuhan standart kualitas kopetensinya. Waktu menjadi hal yang krusial ketika masing-masing kebutuhan harus dapat dipenuhi pada saat yang bersamaan, oleh karena itu, pengaturan jadwal pengajaran dan skala prioritas harus menjadi bagian dari dosen itu sendiri.

#### 2. Fasilitas yang dimiliki prodi

Teknologi saat ini sudah berkembang sangat pesat, pemanfaatannya pun saat ini sudah sangat meluas hingga ke berbagai aspek kehidupan. Institusi hendaknya juga harus dapat melihat 'kebutuhan' teknologi saat ini sangat tinggi, sehingga pembaharuan akan teknologi haruslah dilakukan.

Hasil analisa tersebut dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan kedepan, walaupun tidak menutup kemungkinan ada faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi prodi itu sendiri.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Persepsi mahasiswa akan kualitas pelayanan yang diberikan prodi, secara rata-rata dapat dianggap cukup. Karena perbedaan di beberapa variabel *service quality*, antara persepsi dan ekspektasi sangat berbanding tipis. Sehingga dapat dikatakan kualitas pelayanan yang diberikan cukup memuaskan. Dimensi yang memenuhi syarat kualitas baik hampir disemua variabel kecuali di

variabel *assurance*. Pada variabel ini terdapat gap sebesar 3,4.

2. Variabel dengan nilai unggul terdapat pada variabel *Tangibe* (bukti fisik) dengan nilai gap terkecil yaitu sebesar 2,6 atau 23,5% lebih rendah dari nilai yang diharapkan.
3. Proses perbaikan maupun pengembangan jangka pendek maupun jangka panjang, memerlukan waktu yang tidak sedikit dan tidak mudah, karena itu prodi diharapkan dapat melibatkan manajemen puncak serta melibatkan seluruh civitas akademika. Untuk dapat tetap bersaing dengan perguruan tinggi lainnya, prodi harus dapat bersikap proaktif untuk dapat menunjang bahkan malampaui tuntutan akan pendidikan saat ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Asaduzzaman et all, (2013), *Service Quality and Student Satisfaction: a case study on private universities in Bangladesh*, International Journal of Economics, Finance and Management Science, SciencePublishing Group.
- Asaduzzaman, E.W., Fornell, C., & Lehmann, D.R. (1994). Customer Satisfaction, Market Share, and Profitability: Findings From Sweden. *Journal of Marketing*, 58 (July), 53-66.
- BAN-PT (2009) *Buku I – Naskah Akademik Akreditasi Program Studi Magister*. BAN-PT, Jakarta.
- BAN-PT, Jakarta.; (2009) *Buku II – Standar dan Prosedur Akreditasi Program Studi Magister BAN-PT*, Jakarta.
- Coskun, Lukman (2014) Investigating the Essential Factors on Student Satisfaction : a case of Alnanian Private University, *Journal of Educational and Social Research*, Vol.4 No.1, MCSER Publishing, Rome-Italy
- Gustopo, Dayal (2003) *Peningkatan Kualitas Pelayanan pada Mahasiswa Menggunakan Metoda SERVQUAL (Service Quality)*, Tesis Prodi Teknik Industri Pascasarjana ITN Malang.
- Hill, F.M. (1995). *Managing Service Quality in Higher Education: the Role of Students as Primary Consumer*. *Quality Assurance in Education*, 3(3), 10-21.
- IWA 2:2007, *International Standard, Quality Management Systems – Guidelines for the Application of ISO:2000 in Education*.
- Juran. Joseph M; Godfrey,A. Blanton; (1998); *Juran's Quality Handbook; McGraw Hill Internationak Edition: Industrial/ Plant Engineering Series, Fifth Edition*.
- Legcevic, Jelena; (2009), *Quality GAP Educational Services in Viewpoints os Student*.
- Munawaroh, Munjiati (2000) *Analisis Pengaruh Kualitas Jasa Terhadap Kepuasan Pada Industri Pendidikan di Yogyakarta*, Tesis
- Negricea. Costel Illiuta, et all, (2012), Analysis of Causal Links and Relationship Between Higher Education Qulity, Student Satisfaction and Intention, based on Development of a Conceptual Model, Romanian, *Economics and Business Review-Vol.7, No.2*
- Parasuraman, A., Zeithaml, V.A., & Berry, L.L. (1990). *Delivering Quality Service : Balancing Customer Perception and Expectations*
- Ramaiyah, Arivalan et all (2007) *Exploring the Dimensions of Service Quality in Higher Education Research*
- Sakthivel, P.B., Rajendran, G., Raju, R. (2005). *TQM Implementation and Students Satisfaction of Academic Performance. The TQM Magazine* , 17(6), 573-589.
- Zairi, M. (1995). *Total Quality Education for Superior Performance. Training for Quality*, 3(1), 29-35
- Zeithaml, Valarie A; Parasuraman, A; Berry, Leonard L; (1990); *Delivering Quality Service: Balancing Customer Perception and Expectations, The Free Press: a Division of Macmillan.Inc, New York*

# ANALISIS POROSITAS BATUGAMPING SEBAGAI AKUIFER DI DESA PONJONG, KECAMATAN PONJONG KABUPATEN GUNUNGKIDUL, DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA

Danis Agoes Wiloso<sup>1</sup>, Ratmy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND  
Yogyakarta

e-mail [danisagoes@akprind.ac.id](mailto:danisagoes@akprind.ac.id)

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknologi Mineral, IST AKPRIND Yogyakarta  
e-mail [ratmy.amy60@gmail.com](mailto:ratmy.amy60@gmail.com)

## ABSTRACT

*The purpose of this research is to know the porosity of limestone as aquifer in Ponjong Village, Ponjong District, Gunungkidul Regency, Daerah Istimewa Yogyakarta Province. Geographically of research area lies at the coordinates of 110°43'00" east and 08°00'00" LS - 110°44'30" BT and 08°01'00" LS and area extent ± 3 Km.*

*The method used in this study is to combine secondary data in the form of literature study and previous research related to the title of seminar and primary data in the form of data obtained based on field observation and porosity analysis in the laboratory, where the porosity analysis used is to test the physical properties (porosity) rock.*

*Porosity analysis was performed using 5 samples. Test results on 5 test samples showed varying porosity values. From the test results obtained a small porosity value in sample 2 ( $\phi = 5.16\%$ ), sample 3 ( $\phi = 8.09\%$ ), and sample 5 ( $\phi = 5.41\%$ ), medium porosity value in sample 4 ( $\phi = 10.07\%$ ), and Large porosity values in sample 1 ( $\phi = 22.23\%$ ). This shows that sample 1 is excellent as an aquifer while sample 2, sample 3, sample 4, and sample 5 are not good as aquifers.*

**Keywords:** Limestone, Ponjong, porosity, aquifer, sample.

## INTISARI

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui porositas batugamping sebagai akuifer di Desa Ponjong, Kecamatan Ponjong, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Daerah Penelitian secara geografis terletak pada koordinat 110°43'00" BT dan 08°00'00" LS - 110°44'30" BT dan 08°01'00" LS dan luasan daerah ± 3 Km.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggabungkan data sekunder berupa studi pustaka dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan judul seminar dan data primer berupa data yang didapatkan berdasarkan pengamatan lapangan dan analisis porositas di laboratorium, dimana analisis porositas yang dipakai adalah menggunakan pengujian sifat fisik (porositas) batuan.

Analisis porositas dilakukan dengan menggunakan 5 sampel uji. Hasil pengujian pada 5 sample uji menunjukkan nilai porositas yang bervariasi. Dari hasil pengujian diperoleh nilai porositas kecil pada sample 2 ( $\phi = 5.16\%$ ), sample 3 ( $\phi = 8.09\%$ ), dan sample 5 ( $\phi = 5.41\%$ ), nilai porositas sedang pada sample 4 ( $\phi = 10.07\%$ ), dan nilai porositas besar pada sample 1 ( $\phi = 22.23\%$ ). Ini menunjukkan bahwa sample 1 sangat baik sebagai akuifer sedangkan sample 2, sample 3, sample 4, dan sample 5 tidak baik sebagai akuifer.

**Kata Kunci:** Batugamping, Ponjong, Porositas, Akuifer, Sample

## PENDAHULUAN

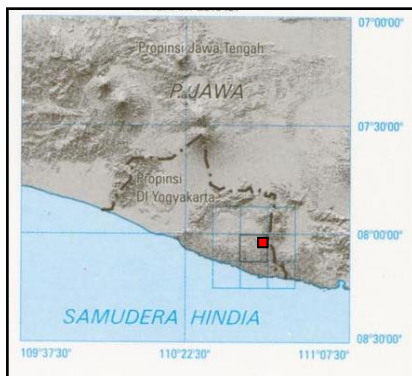
Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu provinsi yang memiliki sumber daya alam melimpah, yang terdiri dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui dan tidak diperbaharui. Dengan meningkatnya jumlah populasi manusia, terutama di Indonesia yang diperkirakan lebih dari 200 juta manusia, mengakibatkan meningkatnya kebutuhan manusia dari

berbagai macam sektor, terutama dalam hal sektor ketersediaan air bersih.

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang diperoleh dari berbagai sumber, tergantung pada kondisi daerah setempat. Kondisi sumber air pada setiap tempat berbeda-beda, tergantung pada keadaan alam dan kegiatan manusia yang terdapat di daerah tersebut. Di wilayah Gunungkidul, air menjadi sangat penting bagi kegiatan rumah tangga dan

pertanian. Di musim kemarau, warga sekitar kesulitan mendapatkan air bersih, sedangkan di musim penghujan warga menggunakan air hujan yang ditampung kemudian dimanfaatkan sesuai kebutuhan masing-masing.

Daerah Penelitian terletak di Zona Pegunungan Selatan yang secara geologi menarik untuk diteliti karena didominasi batugamping. Secara geografis daerah penelitian terletak pada koordinat 110°43'00" BT dan 08°00'00" LS - 110°44'30" BT dan 08°01'00" LS. Penyusun berharap dengan dilakukan penelitian di daerah tersebut, penyusun dapat memberikan informasi mengenai porositas batugamping sebagai akuifer pada daerah penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Daerah Penelitian, kotak merah lokasi penelitian (Modifikasi dari Peta RBI Lembar Yogyakarta)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui porositas batugamping sebagai akuifer pada daerah penelitian.

## DASAR TEORI

Secara fisiografis daerah penelitian masuk pada Zona Pegunungan Selatan Jawa (Bemmelen, 1949). Pegunungan selatan merupakan perbukitan yang terangkat dan miring ke arah selatan.

Urutan Stratigrafi di Pegunungan Selatan dari yang tua ke muda adalah Formasi Wungkal-Gamping, Formasi Kebo-Butak, Formasi Semilir, Formasi Nglanggran, Formasi Sambipitu, Formasi Oyo, Formasi Wonosari, Formasi Kepek serta Endapan Permukaan (Surono, dkk, 1992).

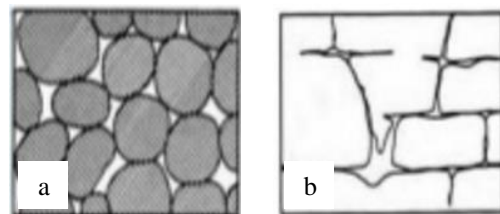
Porositas suatu medium adalah perbandingan volume rongga-rongga pori terhadap volume total seluruh batuan. Perbandingan ini biasanya dinyatakan dalam persen dan disebut porositas (Koesoemadinata, 1980). Dikenal dua jenis porositas yaitu porositas absolut dan

porositas efektif. Porositas absolut yaitu perbandingan suatu rongga pori-pori terhadap volume total seluruh batuan. porositas efektif yang merupakan perbandingan suatu rongga pori-pori yang saling terhubung terhadap volume total seluruh batuan.

Ditinjau dari segi cara terjadinya porositas dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu (Koesoemadinata, 1980):

1. Porositas primer (rongga primer) atau disebut juga antar-butir (intergranular) Porositas primer adalah porositas yang dibentuk pada waktu batuan diendapkan, jadi sangat tergantung pada sedimentasi.
2. Porositas sekunder atau pori yang dibentuk kemudian

Porositas sekunder atau pori terinduksikan, yang berarti porositasnya dibentuk oleh beberapa gejala dari luar, seperti gejala tektonik dan pelarutan (Gambar 2).



Gambar 2. Porositas pada batuan, a. Porositas primer, b. Porositas sekunder hasil pelarutan pada batugamping (Prabowo, 2015)

Porositas suatu batuan akan dipengaruhi oleh beberapa faktor (Todd, 1980):

- 1) Ukiran butir atau *grain size*, semakin kecil ukuran butir maka rongga yang terbentuk akan semakin kecil dan sebaliknya jika ukuran butir besar maka rongga yang terbentuk juga semakin besar.
- 2) Bentuk butir atau *sphericity*, batuan dengan bentuk butir jelek akan memiliki porositas yang besar, sedangkan batuan dengan bentuk butir baik maka akan memiliki porositas yang kecil.
- 3) Pemilahan, apabila pemilahan butiran baik maka ada keseragaman sehingga porositasnya akan baik pula. Pemilahan yang jelek menyebabkan butiran yang berukuran kecil akan menempati rongga diantarabutiran yang lebih besar akibatnya porositasnya rendah.
- 4) Komposisi mineral, apabila penyusun batuan terdiri dari mineral-mineral

yang mudah larut seperti golongan karbonat maka porositasnya akan baik karena rongga-rongga akibat proses pelarutan dari batuan tersebut.

- 5) Sementasi, material semen pada dasarnya akan mengurangi harga porositas. Material yang dapat berwujud

semen adalah silika, oksida besi dan mineral lempung.

- 6) Kompaksi dan pemampatan, adanya kompaksi dan pemampatan akan mengurangi harga porositas. Apabila batuan terkubur semakin dalam maka porositasnya akan semakin kecil karena adanya penambahan beban (Tabel 1).

Tabel 1. Porositas beberapa macam batuan (Todd, 1980)

Batuan	Porositas (Φ)
Tanah	50-60
Lempung	45-55
Lanau	40-50
Campuran kerikil kasar dan menengah	35-40
Pasir seragam	30-40
Campuran pasir halus dan menengah	30-35
Kerikil	30-40
Kerikil dan pasir	20-35
Batupasir	10-20
Serpih	1-10
Batugamping	1-10

Cara untuk menghitung presentase porositas batuan menggunakan perhitungan pengujian sifat fisik batuan dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\%$$

Keterangan :

$W_w$  = Berat percontoh jenuh (setelah dijenuhkan selama 24 jam), gram

$W_o$  = Berat percontoh kering (setelah dioven selama 24 jam), gram

$W_s$  = Berat percontoh jenuh yang tergantung dalam air, gram

Todd (1980) menyatakan bahwa akuifer berasal dari bahasa latin yaitu *aqui* dari kata *aqua* yang berarti air dan *ferre* yang berarti membawa, jadi akuifer adalah lapisan pembawa air.

Akuifer berhubungan erat dengan porositas. Nilai porositas akuifer sangat ditentukan oleh tekstur dan struktur mineral atau partikel-partikel atau butir-butir penyusun batuan. Semakin kasar tekstur dengan struktur lepas, maka semakin tinggi batuan meloloskan sejumlah airtanah. Sebaliknya, semakin halus tekstur dengan struktur semakin tidak teratur atau semakin mampat, maka semakin rendah kemampuan batuan untuk meloloskan sejumlah airtanah. Dengan demikian setiap jenis batuan akan mempunyai nilai porositas yang berbeda dengan jenis batuan lainnya. Besarnya cadangan air tanah atau hasil jenis yang

dapat tersimpan dalam akuifer sangat ditentukan oleh sifat fisik batuan penyusun akuifer (tekstur dan struktur butir-butir penyusunannya).

## METODE PENELITIAN

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penyusunan naskah seminar ini yaitu menggabungkan sumber data sekunder dan data primer untuk menganalisis porositas batugamping pada daerah penelitian. Analisis batugamping dilakukan dengan menggunakan metode pengujian sifat fisik batuan.

Data sekunder yang digunakan adalah peta geologi regional lembar Yogyakarta dan peneliti terdahulu.

Data primer adalah pengambilan 5 sample batugamping yang mewakili di daerah penelitian.

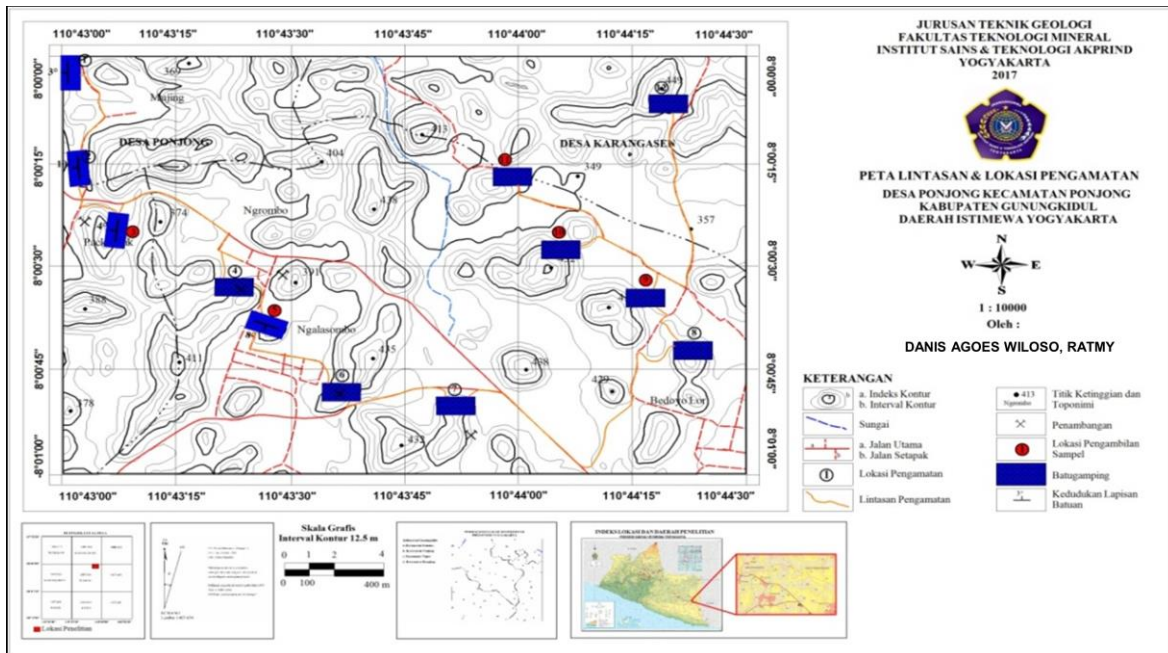
Analisis 5 sample batugamping dilakukan dengan menggunakan metode pengujian sifat fisik batuan dan dilakukan di Laboratorium Geologi Teknik & Tata Lingkungan, Jurusan Teknik Geologi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### HASIL

Pada pengambilan data di lapangan dilakukan sampling batuan dan deskripsi berupa warna, struktur dan tekstur batugamping. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampling pada 5 lokasi pengamatan (Gambar 3 dan Tabel 2)). Pengambilan sampel batuan dilakukan

dengan mempertimbangkan perbedaan ciri fisik batuan dan litologi yang masih *fresh*.



Gambar 3. Lokasi pengamatan dan lokasi pengambilan sample batugamping untuk analisis porositas/lingkaran merah (Modifikasi Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar 1407-634 (Semenu))

Tabel 2. Lokasi pengambilan sample batugamping (Penulis, 2017)

No Sample	Koordinat	
	Lintang Selatan	Bujur Timur
Sample 1	08°00'38.5"	110°43'25.5"
Sample 2	08°00'25"	110°43'07"
Sample 3	08°00'37"	110°44'16"
Sample 4	08°00'28"	110°44'07"
Sample 5	08°00'17"	110°43'58"

Tahapan selanjutnya adalah dilakukan pengujian dan perhitungan porositas pada 5 sampel uji yang telah dipotong dengan ukuran berbentuk kubus. Tahapan pengujian atau langkah kerja dalam pengujian adalah : Siapkan sampel batuan yang telah dipotong dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm, dimana tiap sampel berjumlah 3 buah (Gambar 4)



Gambar 4. Potongan kelima sample sebelum dilakukan uji sifat fisik (Penulis, 2017)

Kemudian timbang masing-masing sample yang sudah dipotong tersebut sebagai Berat Contoh Asli/Wn (Gambar 5).



Gambar 5. Penimbangan sample dengan menggunakan timbangan digital (Penulis, 2017)



Setelah ditimbang sample dikering ke dalam oven dengan suhu 80°-100°C selama 24 jam (Gambar 6)



Gambar 6. Pengeringan sample di dalam oven selama 24 jam (Penulis, 2017)

Setelah 24 jam masing-masing sample ditimbang kembali sebagai Berat Conto Kering/Wo (Gambar 7).



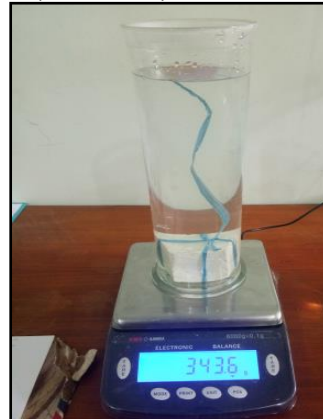
Gambar 7. Penimbangan sample setelah dikeringkan (Penulis, 2017)

Setelah ditimbang berat conto kering masing-masing sample langkah selanjutnya adalah merendam masing-masing sample ke dalam gelas ukur yang diisi air, perendaman dilakukan selama 24 jam (Gambar 8).



Gambar 8. Perendaman sample selama 24 jam (Penulis, 2017)

Setelah perendaman sample selama 24 jam dilakukan penimbangan, hasil penimbangan sebagai Berat Conto Jenuh/Ww (Gambar 9).



Gambar 9. Penimbangan sample setelah direndam 24 Jam (Penulis, 2017)

Setelah didapat nilai Berat Conto Jenuh, tarik tali atau benang yang terikat pada sampel (dengan posisi gelas ukur berada diatas timbangan) hingga sampel terposisikan tergantung di dalam air. catat hasil timbangannya sebagai (Ws) Berat Conto Jenuh Tergantung dalam Air (Gambar 10).





Gambar 10. Penimbangan berat jenuh sampel tergantung dalam air (Penulis, 2017)

Prosedur ini dilakukan untuk semua sample yang akan dianalisis.

Tabel 3. Rerata pengujian berat 5 sample batugamping (Penulis, 2017)

KODE SAMPLE	PARAMETER UJI			
	Berat Contoh Asli (Wn), gr	Berat Contoh Kering (Wo), gr	Berat Contoh Jenuh (Ww), gr	Berat Contoh Jenuh yang tergantung dalam air (Ws), gr
1	237.8	237.47	267.93	130.9
2	319.13	318.63	328.5	137.43
3	303.3	302.77	317.1	139.97
4	288.3	288.17	304.77	139.9
5	291.43	291.23	300.37	131.53

Analisis porositas batugamping pada daerah penelitian menggunakan perhitungan porositas pada pengujian sifat fisik batuan, dengan sampel yang diuji sebanyak 5 buah. Rumus yang digunakan untuk perhitungan adalah :

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\%$$

Perhitungan porositas Sampel 1 batugamping pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Porositas (\%)} &= \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{267.93 \text{ gr} - 237.47 \text{ gr}}{267.93 \text{ gr} - 130.9 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{30.46 \text{ gr}}{137.03 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= 22.23\% \end{aligned}$$

Perhitungan porositas Sampel 2 batugamping pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Porositas (\%)} &= \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{328.5 \text{ gr} - 318.63 \text{ gr}}{328.5 \text{ gr} - 137.43 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{9.87 \text{ gr}}{191.07 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= 5.16\% \end{aligned}$$

Perhitungan porositas Sampel 3 batugamping pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Porositas (\%)} &= \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{317.1 \text{ gr} - 302.77 \text{ gr}}{317.1 \text{ gr} - 139.97 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{14.33 \text{ gr}}{177.13 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= 8.09\% \end{aligned}$$

Perhitungan porositas Sampel 4 batugamping pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Porositas (\%)} &= \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{304.77 \text{ gr} - 288.17 \text{ gr}}{304.77 \text{ gr} - 139.9 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{16.6 \text{ gr}}{164.87 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= 10.07\% \end{aligned}$$

Perhitungan porositas Sampel 5 batugamping pada daerah penelitian adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Porositas (\%)} &= \frac{W_w - W_o}{W_w - W_s} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{300.37 \text{ gr} - 291.23 \text{ gr}}{300.37 \text{ gr} - 131.53 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= \frac{9.14 \text{ gr}}{168.84 \text{ gr}} \times 100\% \\ \text{Porositas (\%)} &= 5.41\% \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil perhitungan porositas sample yang dibandingkan dengan klasifikasi Todd, 1980

Kode Sampel	Nilai Porositas (%) Hasil perhitungan	Klasifikasi Todd (1980)
1	22.23	(20% - 25%) Besar
2	5.16	(1% - 10%) Kecil
3	8.09	(1% - 10%) Kecil
4	10.07	(10% - 20%) Sedang
5	5.41	(1% - 10%) Kecil

## PEMBAHASAN

Dari hasil analisis porositas diatas, didapatkan nilai porositas yang bervariasi pada tiap sampel uji. Terdapat 3 nilai porositas yang berbeda. Nilai porositas yang didapat yaitu porositas besar pada sampel 1, porositas sedang pada sampel 4, dan porositas kecil pada sampel 2, sampel 3, dan sampel 5. Perbedaan nilai porositas pada ke 5 sampel ini menunjukkan bahwa hanya sampel 1 pada daerah penelitian yang bersifat sangat baik sebagai akuifer karena memiliki nilai porositas yang besar dimana semakin besar porositas batuan, maka semakin besar pula air yang dapat tersimpan dalam batuan tersebut. Sedangkan sampel 2, sampel 3, sampel 4, dan sampel 5 kurang atau tidak baik sebagai akuifer.

Sample 1 berdasarkan sayatan petrografis menunjukkan kandungan mikrit atau lumpur karbonat yang terkandung dalam sayatan sebanyak 10% dan hadir merata dalam sayatan. Sedikitnya kandungan lumpur karbonat yang terdapat dalam sayatan menunjukkan besarnya pori-pori yang terdapat pada sampel sehingga menyebabkan rongga batuan dapat menyimpan dan meloloskan air dengan baik dan memperbesar atau mempertinggi porositas batuan sebagai akuifer.

Sayatan petrografis sampel 2 menunjukkan kandungan mikrit atau lumpur karbonat yang terkandung dalam sayatan sebanyak 90% dan hadir merata dalam sayatan. Banyaknya kandungan lumpur karbonat yang terdapat dalam sayatan menunjukkan sedikitnya pori-pori yang terdapat pada sampel sehingga menyebabkan rongga batuan tidak dapat menyimpan dan meloloskan air dengan baik serta memperkecil porositas batuan sebagai akuifer.

Sayatan petrografis sampel 3 menunjukkan kandungan mikrit atau lumpur karbonat yang terkandung dalam sayatan sebanyak 50% dengan warna netral dan hadir merata dalam sayatan. Banyaknya kandungan lumpur karbonat yang terdapat dalam sayatan menunjukkan sedikitnya pori-pori yang terdapat pada sampel sehingga

menyebabkan rongga batuan tidak dapat menyimpan dan meloloskan air dengan baik dan memperkecil porositas batuan sebagai akuifer.

Sayatan petrografis sampel 4 menunjukkan kandungan mikrit atau lumpur karbonat yang terkandung dalam sayatan sebanyak 10% dan hadir merata dalam sayatan. Banyaknya kandungan lumpur karbonat yang terdapat dalam sayatan menunjukkan besarnya pori-pori yang terdapat pada sampel sehingga menyebabkan rongga batuan dapat menyimpan dan meloloskan air dengan baik dan memperbesar porositas batuan sebagai akuifer.

Sayatan petrografis sampel 5 menunjukkan kandungan mikrit atau lumpur karbonat yang terkandung dalam sayatan sebanyak 37% dan hadir merata dalam sayatan. Banyaknya kandungan lumpur karbonat yang terdapat dalam sayatan menunjukkan besarnya pori-pori yang terdapat pada sampel sehingga menyebabkan rongga batuan dapat menyimpan dan meloloskan air dengan baik dan memperbesar atau mempertinggi porositas batuan sebagai akuifer.

Hal yang mempengaruhi perbedaan nilai porositas di daerah penelitian diinterpretasikan adalah ukuran butir dan kemas pada batuan. Semakin besar ukuran butir maka akan memperbesar pori-pori batuan. Semakin terbuka kemas, butiran pada batuan tidak saling bersinggungan maka akan semakin memperbesar porositas batuan, sehingga batuan dapat menyimpan dan meloloskan air dengan baik. Ini disebabkan karena semakin kasar tekstur, maka semakin tinggi batuan meloloskan sejumlah airtanah, begitupula sebaliknya.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian analisis porositas yang dilakukan pada 5 sampel uji, didapatkan nilai porositas yang bervariasi. Nilai porositas yang didapat yaitu, porositas sangat besar pada sampel 1 ( $\phi = 22.23\%$ ), porositas sedang pada sampel 4 ( $\phi = 10.07\%$ ), dan porositas kecil pada sampel 2 ( $\phi = 5.16\%$ ), sampel 3 ( $\phi = 8.09\%$ ), dan

sampel 5 ( $\phi = 5.41\%$ ). Ini menunjukkan bahwa hanya sampel 1 pada daerah penelitian yang bersifat sangat baik sebagai akuifer karena memiliki nilai porositas yang besar dimana semakin besar porositas batuan, maka semakin besar pula air yang dapat tersimpan dalam batuan tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1999, *Peta Rupabumi Digital Indonesia*, Skala 1:25.000, Lembar 1407-634 (Semenu), Badan Informasi Geospasial, Jakarta.

Bemmelen, R. W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherland

Koesoemadinata, R. P., 1980, *Geologi Minyak Dan Gas Bumi*. Departemen Teknik Geologi, ITB, Bandung.

Surono, B. Toha, dan I. Sudarno., 1992, *Peta Geologi lembar Surakarta-Giritontro, Jawa, Skala 1:100.000*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Todd, David K., 1980, *Groundwater Hydrology*, New York : John Wiley and Sons.

# ANALISA LAJU PENGENDAPAN SEDIMEN DI PELABUHAN SUNDA KELAPA DENGAN MODEL SED2D

Novi Andhi Setyo Purwono<sup>1</sup>, Ary Sismiani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Wijayakusuma Purwokerto

e-mail: novi.andhisp@yahoo.com<sup>1</sup>, arysismiani@yahoo.co.id<sup>2</sup>

## ABSTRACT

*The port is a very important facility in supporting the mode of water transportation, where it is very supportive for the economic growth of a country and supports the security and safety of shipping. To support this need to be supported by facilities for smooth activities that take place both supporting facilities from the sea side and supporting facilities from the land side. Problems that often occur in port grooves and ponds are sediment transport both from the rivers that are around and transport of sediment from the sea. Sediment problems are the main that must be addressed immediately, if they will not result in a decrease in the capacity of the shipping channel and port, which will have an impact on the maximum draft that is allowed to run aground.*

*The results showed that the deposition rate in the harbor pond was sediment deposition on the dock of the cargo ship Sunda Kelapa harbor from 0.07 meters to 0.10 meters. Sediment deposition in the wooden dock area ranges from 0.07 meters to 0.09 meters. To reverse the condition of the port so that it can be destroyed by ships with a maximum draft in accordance with the draft ship plan, harbor ponds for both cargo ships and timber ships must be dredged with the sediment volume that must be dredged to get the depth of the plan is 745,005 m<sup>3</sup>.*

**Keywords :** *deposition, sunda kelapa, sed2d model*

## INTISARI

Pelabuhan merupakan fasilitas yang sangat penting dalam mendukung moda transportasi laut, dimana transportasi laut sangat menunjang bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara serta menunjang keamanan dan keselamatan pelayaran. Untuk menunjang hal tersebut perlu didukung fasilitas demi lancarnya kegiatan yang berlangsung baik itu fasilitas pendukung dari sisi laut maupun fasilitas pendukung dari sisi darat. Permasalahan yang sering terjadi di alur dan kolam pelabuhan adalah angkutan sedimen baik dari sungai yang berada di sekitar maupun angkutan sedimen dari laut. Permasalahan sedimen merupakan masalah utama yang harus segera ditangani, apabila tidak akan berakibat pada penurunan kapasitas alur pelayaran dan kolam pelabuhan sehingga berdampak pada draf kapal maksimum yang diijinkan dapat kandas.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pengendapan di kolam pelabuhan adalah Pengendapan sedimen di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa berkisar antara 0,07 meter sampai dengan 0,10 meter. Pengendapan sedimen di daerah dermaga kapal kayu berkisar antara 0,07 meter sampai dengan 0,09 meter. Untuk mengembalikan kondisi kolam pelabuhan agar dapat dimusuki oleh kapal dengan draf maksimum sesuai dengan draf kapal rencana, kolam pelabuhan baik untuk kawasan kapal cargo maupun kapal kayu, harus dilakukan pengerukan dengan volume sedimen yang harus dikeruk untuk mendapatkan kedalaman rencana adalah 745.005 m<sup>3</sup>.

**Kata kunci :** pengendapan, sunda kelapa, model sed2d.

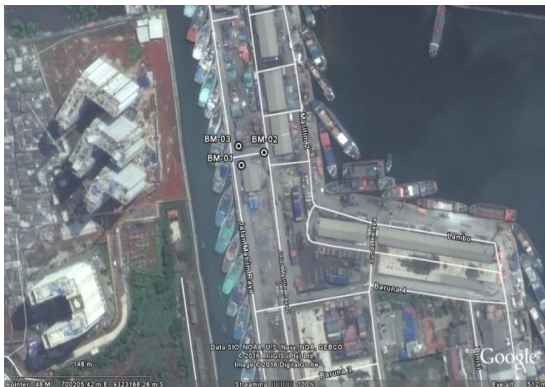
## PENDAHULUAN

Pelabuhan memiliki berbagai fasilitas pendukung demi lancarnya kegiatan yang berlangsung baik itu fasilitas pendukung dari sisi laut maupun fasilitas pendukung dari sisi darat. Alur pelayaran/kolam pelabuhan merupakan bagian dari fasilitas pelabuhan sisi laut yang menunjang keamanan dan keselamatan pelayaran. Alur pelayaran harus

mempunyai kedalaman yang cukup untuk lalu lintas kapal sehingga dapat berlayar dengan aman, untuk itu fasilitas tersebut harus bebas dari rintangan baik kerangka kapal/gugusan karang sehingga kapal yang keluar masuk pelabuhan terhindar dari kecelakaan. Untuk keperluan perencanaan alur pelayaran perlu dilakukan survey teknis dalam rangka mengindikasikan adanya

hambatan pelayaran disekitar pelabuhan dan memberikan gambaran prospek pengembangan alur/kolam pelabuhan. Secara umum survei topografi, bathimetri, hidro-oseanografi dan lingkungan perairan adalah melakukan survei teknis dalam rangka mengidentifikasi adanya hambatan pelayaran dan mengetahui perilaku hidrografi, hidro-oseanografi dan lingkungan perairan, dimana selanjutnya dapat ditindaklanjuti dengan membuat desain pengerukan alur pelayaran/ kolam pelabuhan sesuai dengan standar teknis sehingga dapat digunakan sebagai pedoman teknis dalam kegiatan pengerukan

Pelabuhan Sunda Kelapa merupakan pelabuhan yang sudah ada sejak jaman penjajahan, dimana pelabuhan tersebut sampai sekarang masih berfungsi sebagai tempat bersandar berbagai jenis kapal untuk melakukan kegiatan bongkar muat barang. Permasalahan yang terjadi pada pelabuhan tersebut adalah terjadinya pengendapan sedimen dimana dari pengamatan awal sedimen dominan yang mengendap dan mengakibatkan pendangkalan adalah sedimen lumpur. Laju pengendapan sedimen ini perlu dilakukan untuk melihat laju pengendapan pertahunnya, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam perawatan alur pelayaran dan kolam pelabuhan secara berkala.



Gambar 1. Lokasi Studi

## TINJAUAN PUSTAKA

Pemodelan aliran arus pasang surut yang mencapai pantai dilakukan dengan model matematik dua dimensi adalah RMA2 (*Resources Management Association Inc.*), yaitu sebuah model hidrodinamika elemen hingga dua dimensi horizontal dengan rerata kedalaman (kecepatan arah vertikal

diabaikan). Model numeris ini dapat memprediksi pola aliran, elevasi muka air, dan komponen kecepatan horizontal pada aliran, baik pada kondisi aliran permanen (*steady flow*) maupun aliran tak permanen (*unsteady flow*). Model matematik RMA2 yang digunakan untuk mensimulasikan hidrodinamika aliran didasarkan pada dua persamaan dasar, yaitu Persamaan Konservasi Massa (Kontinuitas) dan Persamaan Momentum, sebagai berikut.

Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

Persamaan Momentum:

Persamaan momentum untuk aliran dua dimensi pada arah x dan y dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut ini:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\varepsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\varepsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0$$

(3)

dengan :

$u$  = kecepatan horisontal aliran arah x;

$v$  = kecepatan horisontal arah y;

$t$  = fungsi waktu;

$g$  = percepatan gravitasi;

$h$  = kedalaman air;

$a_0$  = elevasi dari dasar tampang;

$\rho$  = massa jenis;

$\varepsilon_{xx}$  = koefisien pertukaran turbulensi normal arah x;

$x$ ;

$\varepsilon_{xy}$  = koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah x;

$\varepsilon_{yx}$  = koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah y;

arah y;

$\varepsilon_{yy}$  = koefisien pertukaran turbulensi normal arah

arah

$C$  = koefisien kekasaran Chezy (atau koef.

Manning,

$n = 1/Ch^{1/6}$ )

Kekasaran dasar menggunakan Persamaan Manning atau Chezy sedangkan koefisien Eddy Viscosity digunakan untuk mendefinisikan karakteristik turbulensi.

Permasalahan aliran *steady* dan *unsteady* dapat diselesaikan dengan model ini.

Modul *SED2D* merupakan aplikasi pada angkutan sedimen dengan material dasar lempung atau pasir. *SED2D* ini hanya dapat bekerja untuk satu ukuran butiran saja (gradasi butiran dasar seragam). *SED2D* merupakan program komputer transpor sedimen dua dimensi horizontal pada saluran terbuka. Adapun persamaan transpor sedimen untuk model numerik *SED 2D* adalah

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \alpha_1 C + \alpha_2$$

(4)

dengan:

$C$  : konsentrasi ( $\text{kg/m}^3$ )

$x, y$  : arah aliran primer dan arah aliran yang Tegak lurus dengannya (m)

$u, v$  : kecepatan arah aliran primer dan tegak Lurus dengannya (m/s)

$D_x, D_y$  : koefisien difusi efektif pada arah  $x$  dan  $y$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$\alpha_1, \alpha_2$  : koefisien sumber sedimen

Jenis material dasar sangat berpengaruh terhadap pola perubahan dasar. Material pasir dianggap terdiri dari lensa pasir, dengan ketebalan tertentu, di atas lapisan tanah keras (tidak tererosi). Sedimen bertambah dan berkurang dengan kecepatan yang tergantung pada perubahan kecepatan sumber sedimen dari kondisi sebelumnya. Perubahan massa sedimen bisa diubah ke dalam perubahan volume sedimen dengan faktor porositas dasar saluran. Material lempung dianggap terdiri dari beberapa lapisan yang masing-masing mempunyai ketebalan, kepadatan, umur, tegangan geser (pada kondisi lepas), dan jenis lapisan.

## METODE PENELITIAN

### Survei Topografi

Pengukuran topografi bertujuan untuk memperoleh suatu peta yang dapat memberikan gambaran kondisi fisik berupa bentuk lahan dan bangunan serta detil-detil lainnya baik itu berupa detil alam maupun detil buatan. Untuk keperluan penelitian dan desain diperlukan peta topografi skala besar agar penggambaran rencana di lokasi kajian tampak lebih jelas. Luas pengukuran diusahakan mencakup sebagian besar daerah kajian dan sekelilingnya yang masih dapat dicapai sedemikian sehingga didapatkan gambaran yang lengkap

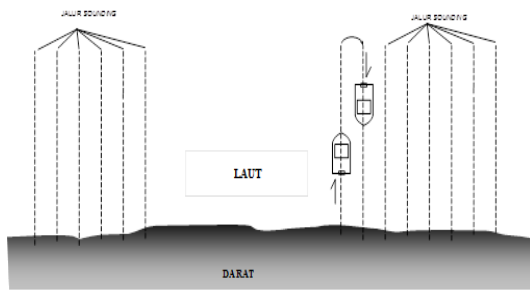
mengenai daerah pendukung daerah yang dikaji.

Pekerjaan pengukuran topografi meliputi beberapa kegiatan sebagai berikut : peralatan survei, orientasi lapangan, penentuan kerangka dasar pengukuran, inventarisasi BM, control point (CP) dan pemasangan patok-patok ukur, pengukuran pengikatan, pengukuran kerangka horizontal (X, Y), pengukuran kerangka vertikal (Z), dan perhitungan data hasil ukur lapangan. Adapun Jenis-jenis hitungan dalam pekerjaan pengukuran topografi mencakup hitungan koordinat (hitungan poligon), hitungan beda tinggi, hitungan tachymetri (hitungan situasi). Semua data hasil pengukuran harus dicatat dalam formulir data dan hitungan yang telah disediakan.

### Survei Bathimetri dan Hidro-Oseanografi

Survei bathimetri atau pemeruman (*sounding*) dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran umum keadaan dasar laut (*sea bed*) di lokasi pekerjaan. Informasi keadaan dasar laut sangat penting dalam membantu memberikan keputusan tipe bangunan pantai yang akan diterapkan di lapangan, misalnya pemecah gelombang, groin, jetty atau tipe lainnya berkaitan dengan kebutuhan pengamanan erosi pantai. Selain itu kondisi bathimetri pantai menentukan tinggi gelombang rencana yang akan membebani bangunan yang direncanakan. Cara pengukuran adalah dengan menentukan posisi-posisi kedalaman laut pada jalur memanjang dan jalur melintang untuk *cross check*. Penentuan posisi-posisi kedalaman dilakukan menggunakan *GPSmap* dan *GPS Sounder digital*.

Metodologi pelaksanaan survei bathimetri ini adalah : Penentuan Jalur *Sounding*. Jalur *sounding* adalah jalur perjalanan kapal yang melakukan *sounding* dari titik awal sampai ke titik akhir dari kawasan survei. Jalur *sounding* akan dilakukan per 100 m, kecuali pada lokasi yang mengalami kerusakan jalur *sounding* adalah 25 m. Untuk tiap jalur *sounding* dilakukan pengambilan data kedalaman perairan setiap jarak 50 m. Titik awal dan akhir untuk tiap jalur *sounding* dicatat dan kemudian di-*input* ke dalam alat pengukur yang dilengkapi dengan fasilitas GPS, untuk dijadikan acuan lintasan perahu sepanjang jalur *sounding*. Contoh jalur *sounding* pada kawasan pengukuran dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2 Pergerakan Perahu dalam Menyusuri Jalur Sounding**



**Gambar 3. Lokasi Survei Bathimetri**

### Pengamatan Pasang Surut

Pengamatan pasang surut yang dimaksud adalah berupa pengamatan elevasi muka air laut dengan cara membacanya dari peil schaal yang telah dipasang. Peil schaal dipasang dekat dengan dermaga untuk memudahkan pembacaan; sedemikian rupa sehingga pada saat air surut terendah masih tetap dapat terbaca elevasinya. Pengamatan dilakukan sebanyak 1 titik di tiap lokasi.

Pengamatan dilakukan setiap 30 (tiga puluh) menit sekali, selama 15 (lima belas) hari terus menerus, dapat dilakukan dengan alat otomatis atau pengukuran manual, dimulai pada jam 00.00 hari pertama dan diakhiri jam 24.00 hari ke 15.

Khusus pada saat sounding/pemeruman dilakukan, pengamatan pasang surut dilakukan setiap 5 (lima) menit sekali. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data seteliti mungkin.

Angka 0.00 meter pada peil schaal diikat dengan elevasi titik BM dengan waterpass, sehingga diperoleh hubungan antara

perubahan tinggi muka air yang dibaca dengan ketinggian referensi (LWS).

### Pengukuran Arus

Pengukuran arus adalah untuk mendapatkan besaran kecepatan dan arah arus yang akan berguna dalam penentuan sifat dinamika perairan lokal. Pengukuran arus dilakukan pada lokasi-lokasi dimana arus mempunyai pengaruh penting (minimal 3 titik lokasi). Pengamatan dilakukan selama 24 jam terus menerus dengan Interval waktu 30 menit, menggunakan alat *Current Meter* dan *Floater* yang dilakukan pada saat pasang tertinggi (*Spring tide*). Penempatan titik pengamatan ini akan disesuaikan dengan kondisi oceanografi lokal dan ditentukan setelah dilakukan studi hasil pengamatan/ survey pendahuluan (*reconnaissance survey*). Yang dilakukan adalah : pengukuran distribusi kecepatan, dalam hal ini pengukuran dilakukan di beberapa tempat dalam satu penampang. Berdasarkan teori bahwa kecepatan arus rata-rata pada suatu penampang yang besar adalah

$$V = \frac{VO,2d + VO,8d}{2}$$

$$V = \frac{VO,2d + VO,6d + VO,8d}{3} = VO,6d$$

dimana :

d = kedalaman lokasi pengamatan arus

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kecepatan Arus

Kecepatan arus pada saat spring tide diperoleh kecepatan maksimum 0,580 m/s dan arah pergerakan arus dominan menuju Utara.

**Tabel 1. kecepatan arus perairan Sunda Kelapa kondisi Spring Tide**

Lokasi	d	V m/s		Arah
	(m)	Max	Rata2	Dominan
ARS-1	0,2 d	0.580		350
	0,6 d	0.550	0.550	350
	0,8 d	0.520		350
ARS-2	0,2 d	0.120		165
	0,6 d	0.100	0.103	0
	0,8 d	0.090		350
ARS-3	0,2 d	0.220		350
	0,6 d	0.200	0.200	340
	0,8 d	0.180		340



### Pasang Surut

Berdasarkan hasil, nilai konstanta harmonik yang dominan di perairan Pelabuhan Sunda Kelapa diperoleh bilangan formzahl 2,41 dengan nilai LWS 134,98 cm., sehingga tipe pasang surut perairan Pelabuhan Sunda Kelapa yaitu Pasang condong ke harian tunggal.

**Tabel 2. Konstanta Pasang Surut Perairan Sunda Kelapa**

Konstanta	A (cm)	g°
S0	184.38	
M2	4.27	28.27
S2	5.81	282.99
N2	0.28	110.05
K1	22.58	139.51
O1	9.74	112.56
M4	0.97	105.24
MS4	0.70	214.10
K2	1.57	282.99
P1	7.45	139.51

### Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen layang menggunakan satu unit botol yang dilengkapi

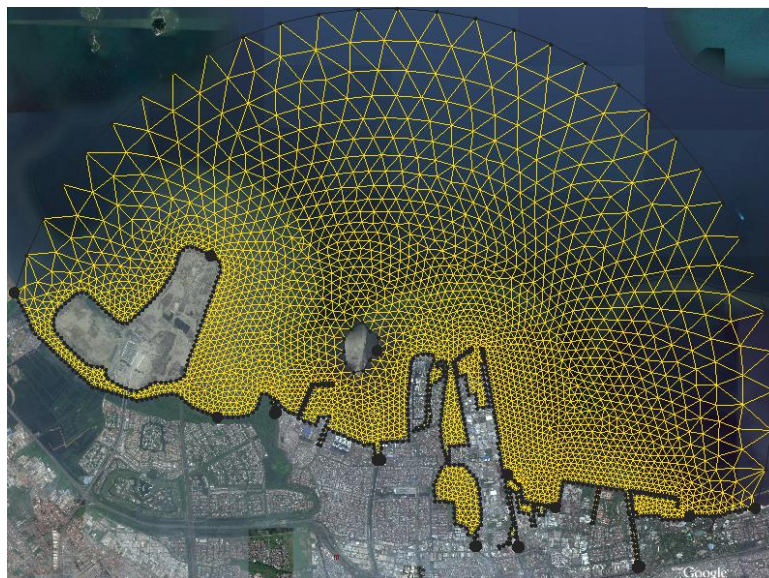
dengan katup-katup pemberat. Botol dimasukkan pada kedalaman yang dikehendaki di titik pengambilan dan sampel air yang berisi sedimen layang disimpan dalam botol plastik dan diberi tanda lokasi untuk keperluan tes di laboratorium.

Pengambilan sampel sedimen dasar menggunakan satu unit alat yang disebut dengan *bottom grabber* alat dengan kondisi "mulut" terbuka diturunkan dengan mengulur tali hingga membentur tanah dasar laut/perairan. Saat tali ditarik kembali, secara otomatis mulut grabber akan menggaruk material di bawahnya hingga tertutup dan alat yang telah berisi material dasar ditarik ke atas.

### Pemodelan Arus

Permodelan dilakukan dengan menggunakan input data berupa koordinat XYZ hasil survey bathimetri dan topografi, dan pasang surut perairan Sunda Kelapa. Ukuran grid permodelan adalah 10 meter pada daerah pantai dan 500 meter pada daerah batas laut.

Running model arus dilakukan selama 15x24 jam. Grid permodelan arus dapat dilihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4. Grid permodelan arus pelabuhan Sunda Kelapa**

Berdasarkan hasil permodelan arus pada saat surut menuju pasang (**Gambar 5**) dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Arah pergerakan arus dominan di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa menuju Selatan. Dengan kecepatan yang terjadi

berkisar antara 0,02 m/s sampai dengan 0,1 m/s.

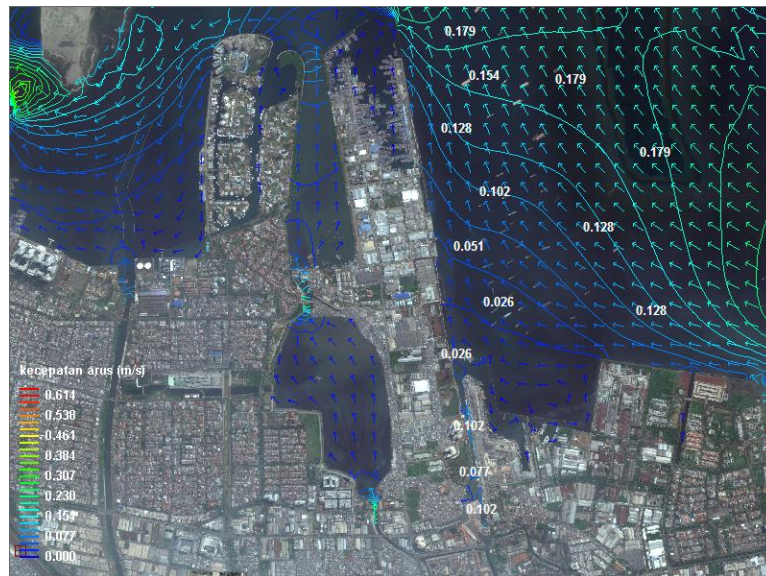
2. Arah pergerakan arus dominan di daerah luar kolam pelabuhan adalah menuju Utara sampai dengan Barat laut. Dengan kecepatan yang terjadi berkisar antara 0,02 m/s sampai dengan 0,179 m/s.

Arah pergerakan arus dominan di daerah dermaga kapal kayu adalah ke arah Selatan. Dengan kecepatan yang terjadi berkisar antara 0,02 m/s sampai dengan 0,1 m/s. Berdasarkan hasil permodelan arus pada saat pasang menuju surut (Gambar 6) dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

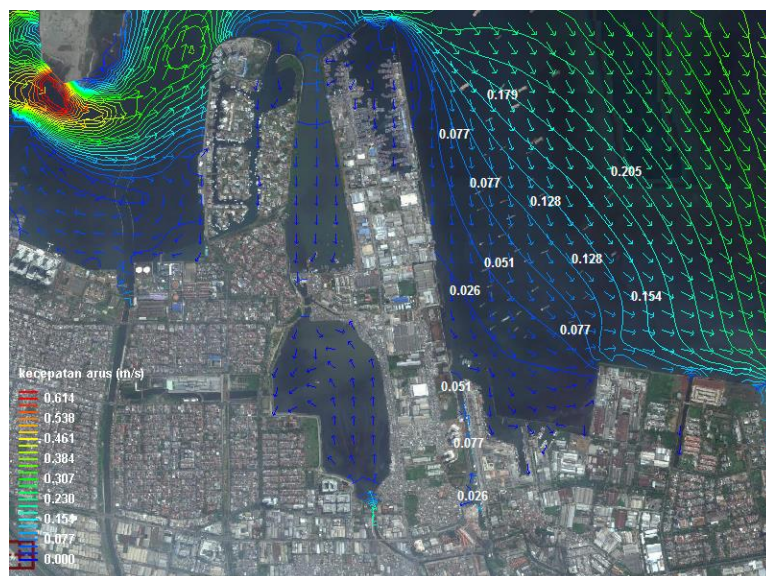
1. Arah pergerakan arus dominan di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa menuju Utara. Dengan kecepatan yang terjadi

berkisar antara 0,02 m/s sampai dengan 0,1 m/s.

2. Arah pergerakan arus dominan di daerah luar kolam pelabuhan adalah menuju Selatan sampai dengan Tenggara. Dengan kecepatan yang terjadi berkisar antara 0,02 m/s sampai dengan 0,179 m/s.
3. Arah pergerakan arus dominan di daerah dermaga kapal kayu adalah ke arah Utara. Dengan kecepatan yang terjadi berkisar antara 0,02 m/s sampai dengan 0,1 m/s.



**Gambar 5. Permodelan arus kondisi surut menuju pasang pelabuhan Sunda Kelapa**



**Gambar 6. Permodelan arus kondisi pasang menuju surut pelabuhan Sunda Kelapa**



### Pemodelan Sedimen

Permodelan dilakukan dengan menggunakan input data berupa koordinat XYZ hasil survey bathimetri dan topografi, dan pasang surut perairan Sunda Kelapa. Ukuran grid permodelan adalah 10 meter pada daerah pantai dan 500 meter pada daerah batas laut. Running model sedimen dilakukan selama 1 tahun. Grid permodelan Sedimen dapat dilihat pada **Gambar 4**.

Berdasarkan hasil permodelan sedimen selama 1 bulan (**Gambar 7**) dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pengendapan sedimen di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa berkisar antara 0,01 meter.
2. Pengendapan sedimen di daerah luar kolam pelabuhan berkisar antara 0,00 meter.
3. Pengendapan sedimen di daerah dermaga kapal kayu berkisar antara 0,01 meter.



**Gambar 7. Permodelan sedimen pelabuhan Sunda Kelapa (time step: 30 hari).**

Berdasarkan hasil permodelan sedimen selama 6 bulan (**Gambar 8**) dapat diperoleh hasil sebagai berikut

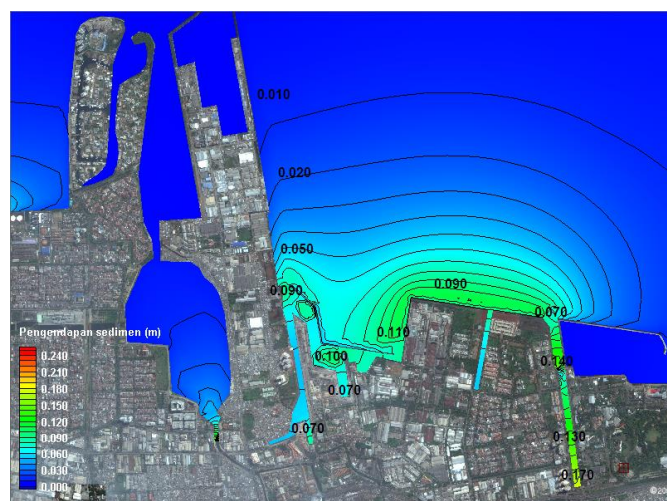
1. Pengendapan sedimen di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa berkisar antara 0,03 meter sampai dengan 0,04 meter.
2. Pengendapan sedimen di daerah luar kolam pelabuhan berkisar antara 0,00 meter sampai dengan 0,02 meter.
3. Pengendapan sedimen di daerah dermaga kapal kayu berkisar antara 0,02 meter sampai dengan 0,04 meter.

Berdasarkan hasil permodelan sedimen selama 1 tahun (**Gambar 9**) dapat diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Pengendapan sedimen di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa berkisar antara 0,07 meter sampai dengan 0,10 meter.
2. Pengendapan sedimen di daerah luar kolam pelabuhan berkisar antara 0,01 meter sampai dengan 0,05 meter.
3. Pengendapan sedimen di daerah dermaga kapal kayu berkisar antara 0,07 meter sampai dengan 0,09 meter.



Gambar 8. Permodelan sedimen pelabuhan Sunda Kelapa (time step: 180 hari).



Gambar 9. Permodelan sedimen pelabuhan Sunda Kelapa (time step: 365 hari).

Berikut merupakan tabel yang memperlihatkan volume keruk masing-masing spot (segmen) :

Tabel 3. Perhitungan Volume Keruk

No	STA	Luas N (m <sup>2</sup> )	Rerata (m <sup>2</sup> )	Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
1	0+000	560.00	280.00	20.00	5,600.00
2	0+020	555.61	557.80	20.00	11,156.06
3	0+040	413.92	484.76	20.00	9,695.28
4	0+060	394.63	404.27	20.00	8,085.49
5	0+080	374.68	384.66	20.00	7,693.11
6	0+100	357.7	366.21	20.00	7,324.19

No	STA	Luas N (m <sup>2</sup> )	Rerata (m <sup>2</sup> )	Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
	00	4			
7	0+120	348.55	353.14	20.00	7,062.87
8	0+140	348.65	348.60	20.00	6,971.97
9	0+160	339.89	344.27	20.00	6,885.39
10	0+180	335.15	337.52	20.00	6,750.43
11	0+200	327.17	331.16	20.00	6,623.16
12	0+220	310.75	318.96	20.00	6,379.18
13	0+240	295.78	303.27	20.00	6,065.31
14	0+260	335.00	315.39	20.00	6,307.76
15	0+280	393.26	364.13	20.00	7,282.54

No	STA	Luas N (m <sup>2</sup> )	Rerata (m <sup>2</sup> )	Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
16	0+300	486.36	439.81	20.00	8,796.19
17	0+320	644.99	565.68	20.00	11,313.52
18	0+340	794.08	719.53	20.00	14,390.68
19	0+360	747.61	770.84	20.00	15,416.83
20	0+380	701.08	724.34	20.00	14,486.82
21	0+400	650.46	675.77	20.00	13,515.39
22	0+420	596.89	623.68	20.00	12,473.56
23	0+440	574.61	585.75	20.00	11,714.98
24	0+460	633.34	603.97	20.00	12,079.44
25	0+480	564.57	598.96	20.00	11,979.11
26	0+500	505.09	534.83	20.00	10,696.62
27	0+520	438.25	471.67	20.00	9,433.44
28	0+540	331.27	384.76	20.00	7,695.28
29	0+560	277.49	304.38	20.00	6,087.66
30	0+580	303.02	290.26	20.00	5,805.16
31	0+600	322.92	312.97	20.00	6,259.44
32	0+620	338.45	330.68	20.00	6,613.68
33	0+640	298.87	318.66	20.00	6,373.13
34	0+660	248.49	273.68	20.00	5,473.55
35	0+680	279.57	264.03	20.00	5,280.55
36	0+700	270.05	274.81	20.00	5,496.16
37	0+720	207.13	238.59	20.00	4,771.78
38	0+740	208.33	207.73	20.00	4,154.52
39	0+760	220.39	214.36	20.00	4,287.11
40	0+780	264.24	242.31	20.00	4,846.22
41	0+800	292.31	278.27	20.00	5,565.47
42	0+820	345.10	318.70	20.00	6,374.06
43	0+840	388.83	366.96	20.00	7,339.24
44	0+860	522.28	455.55	20.00	9,111.04
45	0+880	572.66	547.47	20.00	10,949.32
46	0+900	550.45	561.55	20.00	11,231.04
47	0+9	577.3	563.92	20.00	11,278.30

No	STA	Luas N (m <sup>2</sup> )	Rerata (m <sup>2</sup> )	Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
	20	8			
48	0+940	631.46	604.42	20.00	12,088.45
49	0+960	447.45	539.46	20.00	10,789.15
50	0+980	513.80	480.63	20.00	9,612.56
51	1+000	168.84	341.32	20.00	6,826.39
52	1+050	133.88	151.36	50.00	7,567.98
53	1+100	159.66	146.77	50.00	7,338.55
54	1+150	157.83	158.74	50.00	7,937.20
55	1+200	158.09	157.96	50.00	7,898.08
56	1+250	161.56	159.82	50.00	7,991.23
57	1+300	147.46	154.51	50.00	7,725.38
58	1+350	155.88	151.67	50.00	7,583.60
59	1+400	144.97	150.43	50.00	7,521.35
60	1+450	139.80	142.38	50.00	7,119.20
61	1+500	140.96	140.38	50.00	7,019.03
62	1+550	137.99	139.48	50.00	6,973.78
63	1+600	140.70	139.34	50.00	6,967.08
64	1+650	140.61	140.65	50.00	7,032.50
65	1+700	143.78	142.19	50.00	7,109.65
66	1+750	136.49	140.14	50.00	7,006.88
67	1+800	131.27	133.88	50.00	6,694.00
68	1+850	109.00	120.13	50.00	6,006.65
69	1+900	136.96	122.98	50.00	6,149.05
70	1+950	140.86	138.91	50.00	6,945.63
71	2+000	140.15	140.51	50.00	7,025.25
72	2+050	141.47	140.81	50.00	7,040.48
73	2+100	139.37	140.42	50.00	7,020.93
74	2+150	135.18	137.27	50.00	6,863.68
75	2+200	126.92	131.05	50.00	6,552.63
76	2+250	124.67	125.80	50.00	6,289.90
77	2+300	121.26	122.97	50.00	6,148.28
78	2+350	114.63	117.95	50.00	5,897.30
79	2+400	110.15	112.39	50.00	5,619.48
80	2+450	109.46	109.80	50.00	5,490.10
81	2+500	107.14	108.30	50.00	5,415.00

No	STA	Luas N (m <sup>2</sup> )	Rerata (m <sup>2</sup> )	Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )
82	2+5 50	108.1 5	107.64	50.00	5,382.18
83	2+6 00	108.9 5	108.55	50.00	5,427.35
84	2+6 50	108.4 1	108.68	50.00	5,433.88
85	2+7 00	103.5 8	105.99	50.00	5,299.58
86	2+7 50	100.7 7	102.17	50.00	5,108.73
87	2+8 00	96.66	98.72	50.00	4,935.80
88	2+8 50	98.58	97.62	50.00	4,881.08
89	2+9 00	96.34	97.46	50.00	4,872.98
90	2+9 50	94.73	95.53	50.00	4,776.50
91	3+0 00	116.4 0	105.56	50.00	5,278.15
92	3+0 50	116.2 8	116.34	50.00	5,817.05
93	3+1 00	114.9 1	115.60	50.00	5,779.80
94	3+1 50	107.0 0	110.96	50.00	5,547.80
95	3+2 00	114.4 7	110.74	50.00	5,536.80
96	3+2 50	113.1 4	113.80	50.00	5,690.23
97	3+3 00	103.7 1	108.42	50.00	5,421.08
98	3+3 50	95.73	99.72	50.00	4,985.78
99	3+4 00	64.12	79.93	50.00	3,996.25
100	3+4 50	60.43	62.28	50.00	3,113.93
101	3+5 00	59.94	60.18	50.00	3,009.23
102	3+5 50	52.75	56.34	50.00	2,817.15
103	3+6 00	36.16	44.45	50.00	2,222.70
104	3+6 50	31.06	33.61	50.00	1,680.40
105	3+7 00	31.06	31.06	50.00	1,552.90
Total =		745,005.63			

Volume pengerukan dihitung berdasarkan dari proses pengolahan data Pengukuran Bathymetri dengan menggunakan alat Echo Sounder. Dengan data existing awal area pengerukan dan desain rencana pengerukan yang telah ditentukan, maka dapat dihitung volume rencana pengerukannya.

Volume pengerukan dihitung berdasarkan potongan-potongan melintang pada areal yang akan dikeruk. Pada setiap potongan dihitung jumlah area yang akan

dikeruk (m<sup>2</sup>), kemudian dikalikan dengan jarak antar segmen (m), sehingga didapat jumlah volume pengerukan 745.005 m<sup>3</sup>. Potongan rencana pengerukan dan segmen-segmen pengerukan dapat dilihat pada gambar berikut.

### KESIMPULAN

Hasil Simulasi Laju Pengendapan Sedimen di Kolam Pelabuhan Sunda Kelapa adalah.

1. Pengendapan sedimen di dermaga kapal kargo pelabuhan Sunda Kelapa berkisar antara 0,07 meter sampai dengan 0,10 meter.
2. Pengendapan sedimen di daerah dermaga kapal kayu berkisar antara 0,07 meter sampai dengan 0,09 meter.
3. Volume sedimen yang harus dikeruk untuk mendapatkan kedalaman rencana adalah 745.005 m<sup>3</sup>.

### DAFTAR PUSTAKA

- Brigman Young University, User Manual Surface Water Modeling System Versi 8.0, Environmental Modeling Research Laboratory, Brigman Young University, 2002.
- Chanson, H., The Hydraulics of Open Channel Flow: An Introduction, Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
- Chow, V, T., Open Channel Hydraulics, Mc Graw Hill Book Company Inc; New York, 1959.
- Purwono NAS., Nizam., Triatmadja R., *Analisa Model Matematika Hutan Cemara Laut dalam Mengurangi Penjalaran Tsunami*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Nasional Himpunan Ahli Teknik Hidraulik Indonesia (HATHI)XXXII, Malang, 2015.
- PT. Budhi Cakra Konsultan, Draft Laporan Akhir Studi SID Pengerukan Alur Pelayaran/Kolam Pelabuhan Sunda Kelapa Provinsi DKI Jakarta, 2016.
- Purwono NAS., Sismiani., *A. Studi Perubahan Morfologi Sungai Serayu*, Jurnal Ilmiah Teodolita Vol 19 No 1, Juni 2018.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. Pelabuhan. Beta Offset. Yogyakarta.

# PEMANFAATAN KULIT KACANG TANAH (*ARACHIS HYPOGAEA L.*) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN NITROSELULOSA

Bambang Kusmartono

Jurusan Teknik Kimia, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
bambangkusmartono@akprind.ac.id

## ABSTRACT

*Nitrocellulose is one of the basic ingredients of a single base propellant made by nitration against cellulose using a mixture of nitric and sulfuric acid with water. In industry, nitrocellulose can be used as a plastic base material, lacquer (coating material), film, cement base material, propellant (explosive) raw material and smokless powder. Peanut shells contain cellulose compounds that are quite high and can be used as a base for making nitrocellulose.*

*This research was carried out through two stages, namely the pre-treatment process and the nitration process. The pre-treatment process aims to increase the levels of  $\alpha$ -cellulose in raw materials, through the process of pre-hydrolysis, delignification, and bleaching. Whereas the nitration process uses a mixed acid consisting of nitric acid and sulfuric acid as a catalyst. In this study studied the effect of reaction time, and the ratio of sulfuric acid to nitric acid.*

*The results showed that the nitration process would give the best results at a reaction time of 150 minutes, the ratio of sulfuric acid to nitric acid 7: 3. In this condition, yield of 91.0% was obtained with a nitrogen content of 11.47% and included in the quality of AM grades and in the industrial sector can be used as a base film and lacquer. The FTIR test results showed that two groups of  $-NO_2$  uptake had been formed in nitrocellulose, so that they were included in the type of di-nitrate cellulose.*

**Keywords:** peanut shells, lignification, nitrocellulose peanut shells.

## INTISARI

Nitroselulosa merupakan salah satu bahan dasar dari propelan jenis *single base* yang dibuat dengan nitrasi terhadap selulosa menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan air. Di dalam industri, nitroselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik, *lacquer* (bahan pelapis), *film*, bahan dasar semen, bahan baku propelan (peledak) dan *smokless powder*. Kulit kacang tanah mengandung senyawa selulosa yang cukup tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan nitroselulosa.

Penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan, yaitu proses *pre-treatment* dan proses nitrasi. Proses *pre-treatment* bertujuan untuk meningkatkan kadar  $\alpha$ -selulosa dalam bahan baku, melalui proses pre-hidrolisis, delignifikasi, dan *bleaching*. Sedangkan proses nitrasi menggunakan asam campuran yang terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat sebagai katalisator. Pada penelitian ini dipelajari pengaruh waktu reaksi, dan perbandingan asam sulfat dengan asam nitrat.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses nitrasi akan memberikan hasil terbaik pada waktu reaksi 150 menit, perbandingan asam sulfat terhadap asam nitrat 7:3. Pada kondisi ini diperoleh *yield* sebanyak 91,0% dengan kandungan nitrogen sebesar 11,47% dan termasuk dalam kualitas *AM grades* serta di bidang industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *film* dan *lacquer*. Hasil uji FTIR menunjukkan bahwa telah terbentuk dua serapan gugus  $-NO_2$  pada nitroselulosa, sehingga termasuk dalam jenis selulosa di-nitrat.

**Kata kunci :** kulit kacang tanah, lignifikasi, nitroselulosa

## PENDAHULUAN

Keterbatasan pengolahan sumber daya alam merupakan kekurangan bangsa Indonesia. Salah satu sumber daya alam yang dapat dieksplorasi adalah kekayaan akan bahan baku selulosa. Selulosa adalah komponen dasar pada dinding sel dan serat tumbuhan. Sumber selulosa dapat ditemukan dalam berbagai macam tanaman yang ada di Indonesia, diantaranya adalah tanaman kacang tanah yang mengandung selulosa pada kulitnya.

Kacang tanah merupakan tanaman pangan berupa semak yang berasal dari Amerika Selatan, tepatnya berasal dari Brazilia. Nama lain dari kacang tanah adalah kacang una, suuk, kacang jebrol, kacang bandung, kacang tuban, kacang kole, kacang banggala. (Gambar 1). Bahasa Inggrisnya kacang tanah adalah "peanut" atau "groundnut".

Varietas kacang tanah di Indonesia yang terkenal, yaitu:

- Kacang Brul, berumur pendek (3-4 bulan).
- Kacang Cina, berumur panjang (6-8 bulan).



c. Kacang Holle, merupakan tipe campuran hasil persilangan antara varietas-varietas yang ada.

Kacang Holle tidak bisa disamakan dengan kacang "Waspada" karena memang berbeda varietas.



Gambar 1. Kacang tanah

Pada umumnya, kacang tanah hanya dimanfaatkan pada dagingnya (isinya) saja untuk keperluan konsumsi maupun kebutuhan pangan lainnya, sedangkan kulitnya yang berperan menghasilkan limbah sejauh ini belum banyak dimanfaatkan, dan hanya sebatas digunakan sebagai bahan bakar tungku dapur. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2014 produksi kacang tanah di Indonesia mencapai 638.896 ton. Dengan jumlah produksi yang cukup besar tersebut, tentunya jumlah limbah kulit kacang tanah yang dihasilkan juga lumayan banyak. Sehingga berdasarkan hal tersebut ada peluang untuk memanfaatkannya menjadi bahan dasar pembuatan nitroselulosa.

Nitroselulosa dibuat dengan nitrasi terhadap selulosa menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat dengan air. Nitroselulosa dibuat dengan reaksi selulosa yaitu proses substitusi (penggantian) gugus -OH dengan gugus -ONO<sub>2</sub>. Di dalam industri, nitroselulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar plastik, *lacquer* (bahan pelapis), *film*, bahan dasar semen, bahan baku propelan (peledak) dan *smokless powder*.

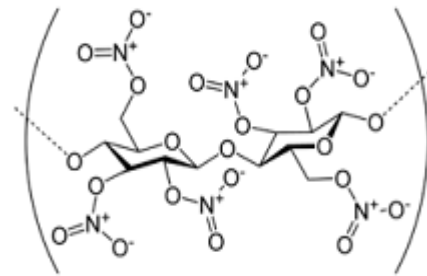
Tabel 1. Jenis Selulosa Nitrat dan Pelarutnya

%N	Aplikasi	Pelarut
10,7-11,2	Plastic lacquer	Etil alcohol
11,2-11,7	Film lacquer	Etil lcohol, Aseton
11,7-12,5	Film, Lacquer, Coated fabric, cement.	Etil lcohol, Aseton, methanol,amil asetat, aseton

12,5-13,5	Smokeles powder	Aseton
-----------	-----------------	--------

Sumber: [Shreve's, 1984]

Selulosa nitrat memiliki nilai derajat polimerisasi (n)= 100-3500, berat molekul 459,28–594,28, memiliki warna putih dan kuning, berbau, mudah terbakar dan meledak, densitas relatif 1,58 - 1,65, melting point 160°C sampai dengan 170°C, flash point 12,78°C dan akan mudah terbakar pada suhu 170°C. Selulosa nitrat tidak larut dalam air, larut dalam keton, ester, alkohol dan solven lainnya. Selulosa nitrat merupakan zat yang tidak stabil dan mudah terbakar apabila suhunya mencapai di atas 170°C karena terjadi perubahan komposisi akibat panas yang tiba-tiba. [Austin, 1984].



Gambar 2. Struktur Molekul Selulosa Nitrat

Selulosa dengan kadar  $\alpha$ -selulosa diatas 92% memenuhi syarat untuk digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan propelan dan/atau bahan peledak, yaitu apabila kadar nitrogen yang diperoleh >12,5%. Selain selulosa, kulit kacang tanah juga mengandung senyawa lain yaitu lignin, abu, protein, dan air. Lignoselulosa mengandung tiga komponen penyusun utama, yaitu selulosa (30-50%-berat), hemiselulosa (15-35%-berat), dan lignin (13-30%-berat) [Fujita dan Harada, 1991].

Lignin sangat mudah mengalami oksidasi, bahkan dalam keadaan lemah dapat terurai menjadi asam aromatis seperti asam benzoate. Jika oksidasinya terlalu keras akan membentuk asam-asam formiat, asetat, oksalat dan suksinat. Dalam keadaan oksidasi sedang yang banyak terdapat dalam proses pemutihan lignin diubah menjadi produk yang dapat larut air atau alkali [Stephenson, 1950].

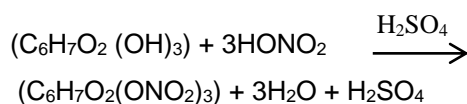
Sehingga untuk mendapatkan kadar  $\alpha$ -selulosa yang tinggi, maka hemiselulosa dan lignin harus dihilangkan terlebih dahulu. Penghilangan hemiselulosa bisa dengan cara pre-hidrolisis menggunakan aquadest pada suhu mendidih [Syahputra, 2011], sedangkan penghilangan lignin dapat dilakukan dengan menambahkan alkali/basa agar menjadi senyawa lain yang mudah larut [Nuringtyas, 2010]. Dan untuk memaksimalkan

penghilangan lignin tersebut, bisa juga dilakukan melalui proses pemurnian dengan hidrogen peroksida [Saragih E, 2013].

Nitroselulosa dibuat dengan reaksi nitrosasi selulosa yaitu proses penggantian gugus -OH dengan gugus -ONO<sub>2</sub>. Proses ini dikendalikan oleh rasio diantara asam, rasio asam-selulosa, dan suhu reaksi. Jika terjadi penggantian satu gugus [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>(ONO<sub>2</sub>)], dua gugus [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)(ONO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], tiga gugus [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>], maka kadar nitrogen dalam nitroselulosa adalah berturut-turut 7,3% ; 12,73% ; 16,86% [Hartaya, 2009].

Proses nitrosasi adalah masuknya gugus nitro ke dalam zat-zat organik atau kimia lainnya dengan menggunakan campuran asam nitrat dan asam sulfat. Proses nitrosasi berlangsung selama 5 sampai dengan 35 menit untuk mencapai reaksi yang sempurna, dalam hal ini suhu dikendalikan menggunakan proses pendinginan untuk menjaga supaya tetap 30°C. Perbandingan (dalam mol) antara asam sulfat, asam nitrat, dan air adalah 1:2:2, sedangkan untuk % beratnya adalah 21,3% : 66,4% : 12,2% [Ullman's, 2006].

Reaksi yang terjadi adalah :



Kadar N akan menentukan sifat fisik dan kimia nitroselulosa. Substitusi berlangsung sepanjang rantai polimer bukan mengumpul pada satu monomer. Nitroselulosa dibuat dengan reaksi nitrosasi selulosa yaitu proses penggantian gugus -OH dengan gugus -ONO<sub>2</sub>. Proses ini dikendalikan oleh rasio diantara asam, rasio asam-selulosa, dan suhu reaksi. Jika terjadi penggantian satu gugus [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>(ONO<sub>2</sub>)], dua gugus [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(OH)(ONO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>], tiga gugus [C<sub>6</sub>H<sub>7</sub>O<sub>2</sub>(ONO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>], maka kadar nitrogen dalam nitroselulosa adalah berturut-turut 7,3%, 12,73%, dan 16,86% [Hartaya, 2009].

Metode analitik yang paling umum digunakan dalam penentuan kadar nitrogen adalah metode *Kjeldahl* [Sudarmadji, 1996]. Sedangkan analisis kualitatif dapat menggunakan alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mendeteksi keberadaan gugus -NO<sub>2</sub> dalam nitroselulosa [Hartaya, 2008].

## METODE PENELITIAN

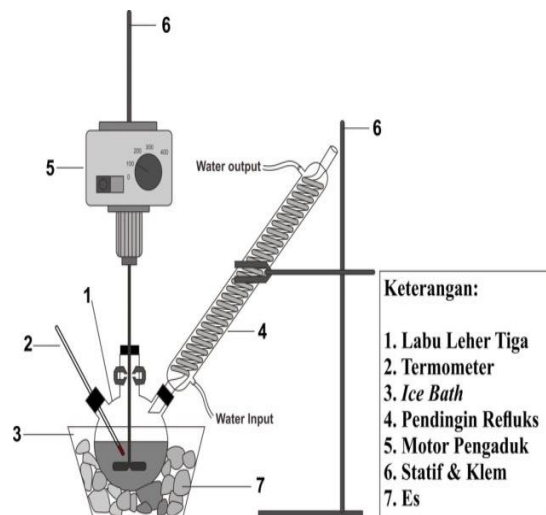
### Bahan Penelitian

Selulosa diperoleh dari kulit kacang tanah. Larutan HNO<sub>3</sub> 65% dan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95% digunakan sebagai pereaksi dalam reaksi nitrosasi selulosa menjadi nitroselulosa. Larutan NaHCO<sub>3</sub> 10% dan aquadest digunakan sebagai zat pencuci hasil proses nitrosasi. Dan

larutan NaOH 17,5% digunakan dalam proses penghilangan lignin (lignifikasi) pada kulit kacang tanah. Bahan lainnya H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3%, HCl 0,1 N, CH<sub>3</sub>COOH 10 %, Asam Borat 4%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1 N, NaOH 40 % dan NaOH 8,3 %.

### Alat Penelitian

Alat Utama terdiri dari labu leher tiga 500 mL, thermometer, *ice bath*, pendingin refluks, motor pengaduk, statif & klem. Sedangkan alat penunjang terdiri dari *Blender*, ayakan, Corong, pemanas, timbangan digital, gelas kimia 1000 mL, gelas ukur 100 mL, 50 mL, pipet tetes, pipet volume 10 mL, batang pengaduk, erlenmeyer 250 mL, labu *Kjeldahl*, alat distilasi, dan buret.



Gambar 3. Rangkaian alat nitrosasi

### Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu tahap *pre-treatment* bahan baku, tahap penelitian pembuatan nitroselulosa dan tahap analisis produk nitroselulosa yang meliputi perhitungan besarnya % *yield* dan analisis kadar nitrogen produk nitroselulosa.

#### **Pre-treatment bahan baku**

Kulit kacang tanah dicuci dengan air untuk menghilangkan kotorannya. Lalu dijemur atau dikeringkan dibawah sinar matahari selama dua hari. Kemudian diperkecil ukurannya menggunakan *blender* dan setelah itu diayak pada ukuran 20 – 50 *mesh*, kemudian dilakukan proses pendahuluan dengan langkah sebagai berikut:

**Proses pre-hidrolisis:** Sampel dimasak dalam aquadest pada suhu 100 °C selama 1 jam, dengan rasio bahan terhadap cairan pemasak 1:6, lalu serat yang didapat dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C.

Proses Delignifikasi: Serat di-delignifikasi dalam larutan NaOH 17,5% pada suhu 100°C selama 1 jam, dengan rasio berat serat terhadap volume larutan NaOH sebesar 1:8, setelah itu serat dicuci hingga bersih lalu dikeringkan dalam oven.

Proses pemurnian (bleaching): Proses pemurnian dilakukan dengan hidrogen peroksida selama 1 jam pada suhu 70 °C, dengan rasio berat serat terhadap volume H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 3% sebanyak 1:10, serat dicuci dengan aquadest sampai pH netral lalu dikeringkan, kemudian diambil sedikit sampel untuk dilakukan analisis kadar α-selulosa.

### Proses Pembuatan Nitroselulosa

Merangkai alat untuk proses nitrasasi, Lalu memasukkan 100 mL campuran H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95% dan HNO<sub>3</sub> 65% dengan perbandingan 1:4 ke dalam labu leher tiga, dan suhu didalam labu diatur antara 10-15 °C. Kemudian 5 gram sampel dimasukkan ke dalam campuran asam tersebut. Labu ditutup rapat dengan lak, kemudian motor pengaduk dihidupkan pada kecepatan pengadukan 100 rpm. Proses nitrasasi dilakukan selama waktu yang telah divariasikan (30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit, 150 menit, dan 180 menit). Kemudian sampel dicuci dengan aquadest dingin dan larutan NaHCO<sub>3</sub> 10%, lalu dicuci kembali menggunakan aquadest. Setelah itu sampel dikeringkan di bawah sinar matahari. Sampel siap untuk dianalisis *yield* produk dan kadar nitrogen-nya. Menentukan waktu optimum nitrasasi berdasarkan % N terbesar. Setelah didapatkan waktu optimum, proses nitrasasi dilanjutkan dengan variasi rasio asam penitrasasi (1:2, 1:3, 1:4, 2:1, 7:3 (2,3:1), 3:1, dan 4:1), dan dengan menjaga parameter lainnya tetap, berat bahan sebanyak 5 gram, suhu reaksi 10-15°C, rasio bahan terhadap asam campuran 1:20, volume 100 mL, kadar air bahan 6,6%, serta kecepatan pengadukan 100 rpm.

### Tahap Analisis

Tahap analisis bertujuan untuk mengetahui kualitas nitroselulosa yang dihasilkan. Analisis yang dilakukan pada percobaan meliputi: Analisis kadar selulosa bahan baku, analisis kadar air, analisis kadar α-selulosa hasil *pre-treatment*, analisis *yield* produk, analisis kadar nitrogen dengan metode semi mikro *kjeldahl*, analisis gugus nitro dengan FTIR, dan uji fisik nitroselulosa (uji nyala, massa jenis, dan daya larut).

## PEMBAHASAN

### Analisis Bahan Baku

Sampel dianalisis untuk mengukur kandungan selulosa dan lignin dalam bahan

baku, dengan menggunakan metode *Datta* yang dikemukakan oleh Chesson (1981). Berikut merupakan hasil analisis bahan baku:

Kadar selulosa = 62 %  
Kadar lignin = 15 %  
Kadar air = 6,6%

Menurut Ullman's (2006) untuk mencapai kondisi yang optimum pada saat nitrasasi, kadar air dalam bahan baku diusahakan tidak melebihi 10 %, karena dapat mengganggu kesetimbangan reaksinya. Dengan hasil demikian, maka kadar air yang terkandung dalam bahan kulit kacang tanah pada penelitian ini masih dalam kondisi yang normal.

### Analisis Kandungan α-Selulosa Hasil *Pre-treatment* Bahan Baku

Pada proses *pre-treatment* bahan baku ini terdapat tiga tahapan proses, yaitu proses prehidrolisis, proses delignifikasi, dan proses *bleaching*.

Tabel 2. Hasil analisis α-selulosa *pre-treatment* bahan baku

No	Proses	α-selulosa
1.	Prehidrolisis (H <sub>2</sub> O)	68 %
2.	Delignifikasi (NaOH)	87 %
3.	Bleaching (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	94 %

### Analisis *yield* Produk

Analisis *yield* produk dilakukan dengan menimbang hasil produk nitroselulosa yang telah dikeringkan. Presentase *yield* produk diperoleh dari perbandingan massa produk nitroselulosa kering dengan massa bahan awal.

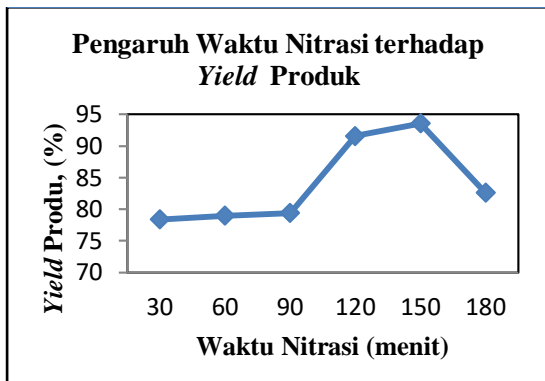
#### a. Pengaruh Waktu Nitrasasi terhadap *Yield* Produk

Pengaruh waktu nitrasasi dipelajari dengan menjaga parameter lainnya tetap., berat bahan sebanyak 5 gram, suhu reaksi 10-15°C, rasio bahan terhadap asam campuran 1:20, volume 100 mL, kadar air bahan 6,6%, serta kecepatan pengadukan 100 rpm.

Hasil analisis *yield* produk berdasarkan pengaruh waktu, dapat dilihat dalam tabel 3 dan gambar 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan % *Yield* pada Optimasi Waktu Nitrasasi

No	Waktu Nitrasasi	% <i>yield</i>
1.	30 menit	78,4 %
2.	60 menit	79,0 %
3.	90 menit	79,4 %
4.	120 menit	91,6 %
5.	150 menit	93,6 %
6.	180 menit	82,6 %



Gambar 4. Pengaruh Waktu Nitrasi terhadap Yield Produk

Pada percobaan optimasi waktu nitrasi ini, *yield* produk terbesar didapatkan pada waktu 150 menit. Dengan demikian maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk nitrasi, *yield* produk yang dihasilkan akan semakin besar atau bertambah (Gambar 4). Namun dalam penelitian ini terjadi penurunan nilai *yield* pada menit ke-180, hal yang demikian bisa terjadi karena pada proses ini jenis reaksi yang terjadi adalah reaksi *reversible*, dimana ada sebagian produk yang kembali lagi menjadi reaktan atau kecepatan reaksi cenderung bergeser ke arah reaktan, sehingga jumlah produk yang dihasilkan akan mengalami penurunan, sedangkan jumlah reaktan mengalami peningkatan.

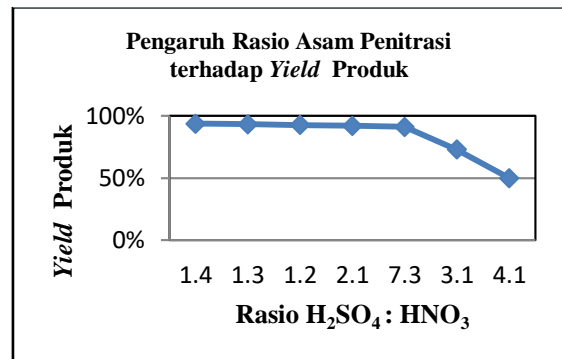
b. Pengaruh Rasio Asam Penitrasi terhadap Yield Produk

Pengaruh rasio asam penitrasi juga dipelajari dengan menjaga parameter lainnya tetap. Proses nitrasi dilakukan berdasarkan waktu optimum pada percobaan optimasi waktu nitrasi (waktu yang dicapai untuk memperoleh produk dengan kadar nitrogen tertinggi), berat bahan sebanyak 5 gram, suhu reaksi 10-15°C, rasio bahan terhadap asam campuran 1:20, volume 100 mL, kadar air bahan 6,6%, serta kecepatan pengadukan 100 rpm.

Hasil analisis *yield* produk berdasarkan pengaruh rasio asam penitrasi, dapat dilihat dalam tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan % Yield

No	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub>	% yield
1.	1:4	93,6 %
2.	1:3	93,2 %
3.	1:2	92,6 %
4.	2:1	92,0 %
5.	7:3	91,0 %
6.	3:1	73,0 %



Gambar 5. Pengaruh Rasio Asam Penitrasi terhadap Yield Produk

Secara keseluruhan persentase produk mengalami penurunan karena ada sebagian selulosa yang ikut terdestruksi dan larut dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sehingga ikut terbuang pada saat penyaringan. Jadi semakin besar rasio H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap HNO<sub>3</sub>, maka *yield* produknya akan semakin berkurang (Gambar 5). Hal ini dikarenakan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menjadi semakin pekat dibanding konsentrasi HNO<sub>3</sub> sehingga bersifat destruktif.

**Analisis Kadar Nitrogen**

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui kuantitas unsur nitrogen yang terkandung dalam produk nitroselulosa. Semakin besar kadar nitrogen yang terkandung dalam nitroselulosa, maka semakin baik mutunya.

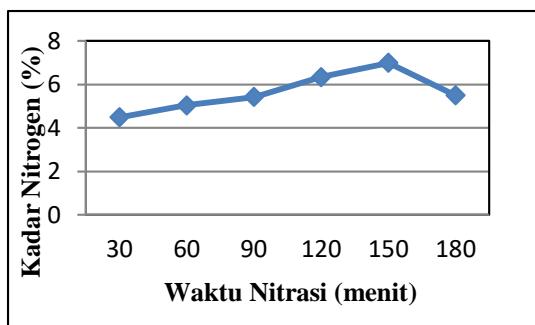
a. Pengaruh Waktu Nitrasi terhadap Kadar Nitrogen

Penelitian dilakukan dengan variasi waktu, sedangkan kondisi yang lain dibuat tetap. Hasil penelitian dapat dilihat pada tabel dan gambar berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan % N

No	Waktu Nitrasi	% N
1.	30 menit	4,49 %
2.	60 menit	5,04 %
3.	90 menit	5,42 %
4.	120 menit	6,35 %
5.	150 menit	7,00 %
6.	180 menit	5,50 %

Pada Tabel 5 dan Gambar 6 dapat dilihat bahwa variabel waktu pada proses nitrasi dengan menggunakan asam campuran HNO<sub>3</sub> 65% dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95% cukup berpengaruh terhadap kadar nitrogen. Semakin lama waktu proses maka kadar nitrogen mengalami kenaikan sampai nilai tertentu, tetapi kemudian akan mengalami penurunan.

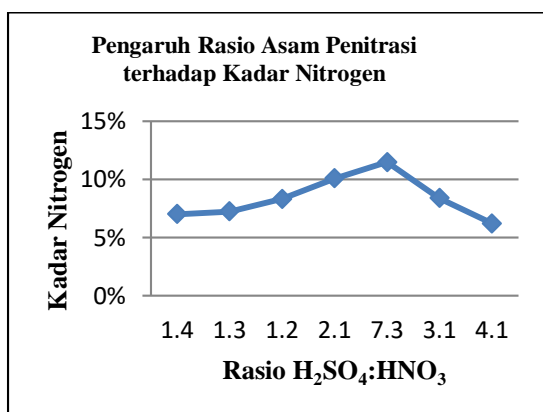


Gambar 6. Pengaruh Waktu Nitration terhadap kadar nitrogen

Sama halnya dengan penurunan yang terjadi pada *yield* produk terhadap waktu nitration, hal ini dikarenakan jenis reaksi yang terjadi adalah *reversible*. Dalam hal ini kondisi optimum tercapai pada waktu 150 menit, dengan kadar nitrogen sebanyak 7,00%. Dengan demikian, waktu optimum tersebut yang dijadikan sebagai parameter tetap pada proses nitration dengan variasi rasio asam campuran penitration.

Tabel 6. Hasil Perhitungan % N pada Rasio Asam Penitration

No	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : HNO <sub>3</sub>	% N
1.	1:4	7,00 %
2.	1:3	7,23 %
3.	1:2	8,31 %
4.	2:1	10,07 %
5.	7:3	11,47 %
6.	3:1	8,36 %



Gambar 7. Pengaruh Rasio Asam Penitration terhadap Kadar Nitrogen

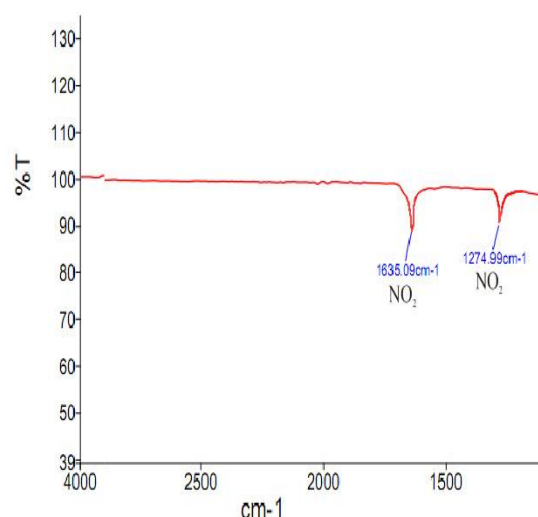
Dari Tabel 6 dan Gambar 7 dapat dilihat bahwa perbandingan asam campuran sangat berpengaruh terhadap kadar nitrogen dalam produk, dimana H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selain sebagai katalis juga sebagai *dehydrating agent* yang berfungsi sebagai pengikat air yang terbentuk

pada reaksi nitration. Pada saat jumlah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kecil maka semakin banyak air yang tidak terikat sehingga akan menghambat substitusi gugus -OH oleh gugus -NO<sub>2</sub>. Sebaliknya, jika jumlah H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> semakin besar maka H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebagai katalis dapat menurunkan energi aktivasi yang secara langsung dapat mempercepat laju reaksi, sehingga kadar nitrogen akan semakin tinggi hingga perbandingan optimum tercapai yaitu pada perbandingan 7:3 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub>). Di atas perbandingan 7:3, kadar nitrogen mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa jika H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> berlebihan maka H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> akan mendestruksi sebagian selulosa sehingga selulosa yang bereaksi menjadi lebih kecil, demikian pula dengan semakin besar jumlah HNO<sub>3</sub> maka reaksi akan bergeser ke arah pembentukan produk.

Hasil optimum pada rasio asam campuran 7:3 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub>) yang menunjukkan kadar 11,47% merupakan capaian yang cukup baik, mengingat kadar nitrogen maksimum teoritis pada nitroselulosa sebesar 14,14%.

#### Analisis Gugus Nitro dengan FTIR

Keberhasilan proses nitration dapat dibuktikan dengan analisa kualitatif menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red*.



Gambar 8. Spektrum FTIR Nitroselulosa pada Rasio 7:3 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : HNO<sub>3</sub>)

Pada Gambar 8 menunjukkan terdapat puncak-puncak pada kisaran angka gelombang 1260-1390 cm<sup>-1</sup> dan 1560-1660 cm<sup>-1</sup> yang menunjukkan adanya gugus -NO<sub>2</sub>. Fordham (1980) melakukan estimasi kadar nitrogen pada nitroselulosa berdasarkan derajat substitusi gugus -NO<sub>2</sub> pada selulosa. Nitroselulosa dengan derajat substitusi satu



memiliki kadar nitrogen >7,3% dan derajat substitusi dua memiliki kadar nitrogen >12,73% serta derajat substitusi tiga memiliki kadar nitrogen >16,86%. Jadi hasil uji FTIR pada penelitian ini pada rasio 7:3 cenderung menghasilkan derajat substitusi

## KESIMPULAN

1. Proses *pre-treatment* dapat meningkatkan kadar  $\alpha$ -selulosa dalam kulit kacang tanah melalui tiga tahapan, yaitu pre-hidrolisis, delignifikasi, dan *bleaching*. Sehingga kandungan selulosa dalam kulit kacang tanah dapat dimanfaatkan untuk pembuatan nitroselulosa.
2. Pengaruh waktu terhadap *yield* produk & kadar N, adalah semakin lama waktu nitrasi maka *yield* produk & kadar N yang dihasilkan juga akan semakin besar. Akan tetapi jika sudah mencapai kondisi setimbang *yield* produk dan kadar nitrogennya cenderung akan semakin berkurang. Sedangkan pengaruh rasio asam campuran terhadap *yield* produk adalah semakin besar rasio asam sulfat terhadap asam nitrat maka *yield* produk akan semakin menurun.
3. Pengaruh rasio asam campuran terhadap kadar nitrogen ialah semakin besar rasio  $H_2SO_4$  terhadap  $HNO_3$ , maka kadar nitrogen pada nitroselulosa akan semakin besar. Namun setelah mencapai kondisi optimum, kadar nitrogen menjadi semakin berkurang.
4. Kondisi optimal proses pembuatan nitroselulosa dari kulit kacang tanah (*Arachis hypogaea L.*) dicapai pada rasio  $H_2SO_4$  95% terhadap  $HNO_3$  65% sebesar 7:3 dengan waktu nitrasi selama 150 menit. Pada kondisi ini diperoleh *yield* produk sebesar 91% dengan kadar nitrogen sebesar 11,47% dan termasuk dalam kualitas *AM grades* serta di bidang industri dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar *film* dan *lacquer*.
5. Produk yang diperoleh pada kondisi optimal, hasil analisisnya menggunakan FTIR menunjukkan bahwa telah terbentuk

nitroselulosa yang ditandai dengan munculnya dua serapan gugus  $-NO_2$  pada kisaran angka gelombang  $1260-1390\text{ cm}^{-1}$  dan  $1560-1660\text{ cm}^{-1}$ , sehingga termasuk dalam jenis selulosa di-nitrat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Austin, G. T. 1984, *Shreve's Chemical Process Industries*, Mc.Graw Hill International Edition, Singapura.
- Chesson, A. 1981. *Effects of sodium hydroxide on cereal straws in relation to the enhanced degradation of structural polysaccharides by rumen microorganisms*. J. Sci. Food Agric. 32:745–758.
- Fujita, M. and H. Harada. 1991. *Ultrastructure and formation of wood cell wall*. p. 357.
- Hartaya, K., 2009, Analisis Kurva FTIR untuk Nitroselulosa, Nitrogliserin, dan Propelan *Double Base* sebagai dasar Penentuan Kadar Nitrogen dalam Nitroselulosa, Laporan Penelitian. LAPAN.
- Fordham, S., 1980. *Height Explosives and Propellants*, Ed. II. Pergamonpress: New York.
- Nuringtyas dan Tri Rini., 2010. Karbohidrat. Gajah Mada University Press: Yogyakarta.
- Saragih, E., 2013, Pembuatan Nitroselulosa dari Selulosa Hasil Pemurnian Pelepah Sawit dengan Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ) sebagai Bahan Baku Pembuatan Propelan. Cetakan Pertama. UI Press : Jakarta.
- Shreve, R.N., 1977. *The Chemical Process Industries, second ed.* pp. 630-660. Mc Graw Hill Book Company. Inc. New York.
- Sudarmadji, S., 1996, Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian, Liberty:Yogyakarta
- Syahputra, M., 2011, Kajian Proses Isolasi  $\alpha$ -selulosa dari Limbah Batang Tanaman *Plectranthus Rotundifolius* yang Efisien. Universitas Diponegoro.
- Stephenson, J.N., 1950, Pulp and Paper Manufacture 1, pp. 364-662. McGraw Hill Book Company, Inc. New York.
- Ullman's. 2006., Chemical Properties Handbook, Encyclopedia of Industrial Chemistry. McGraw Hill Companies, New York.

# PENGARUH PROSES HEAT TREATMENT TERHADAP SIFAT MEKANIS BLOK REM KERETA API

**Agus Duniawan**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri  
Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta  
[agusduniawan@gmail.com](mailto:agusduniawan@gmail.com)

## ABSTRACT

*Railway brake blocks is a component of the train which functions to stop the train. A railway brake type of brake is used on trains to enable deceleration, control acceleration, to stop them immobile when parked. Limitation of the problem in the study of the effect of the heat treatment process on the mechanical properties of railway brake blocks. The brake block materials was heated at temperatures of 750 °C, 800 °C, and 850 °C, with holding time of 30, 60, and 120 minutes, and the cooling atmosphere in the furnace. The mechanical property was performed using the Rockwell hardness test.*

*The result of the study was obtained the composition of railway brake block material and equivalent carbon (CE) of 3.93, the railroad brake block material is a gray cast iron. Temperature heat treatment has an effect on the hardness railway brake block material. The critical temperature (A1) of gray cast iron used as a train brake block based on the chemical composition content is 765.6 °C (1413.6 °F). The heat treatment process below the critical temperature causes a decrease in the price of hardness, while the heat treatment process above the critical temperature causes an increase in the price of hardness, indicating a higher of hardness compared to raw material.*

**Keywords:** brake block, heat treatment, gray cast iron, carbon equivalent

## ABSTRAK

*Blok rem kereta api merupakan komponen kereta api yang berfungsi untuk menghentikan kereta pada saat dibutuhkan, blok rem adalah salah satu komponen kereta api yang habis dipakai sehingga kehandalan rem diperlukan untuk kendaraan seberat dan sebesar Kereta Api. Batasan masalah pada penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api. Bahan blok rem kereta api Temperatur : 750°C, 800°C, 850°C, Waktu : 30, 60, dan 120 menit, pendinginan didapur pemanas. Pengujian yang digunakan meliputi : pengujian kekerasan (rockwell).*

*Penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api, memperoleh hasil sebagai berikut Berdasarkan data komposisi bahan blok rem kereta api dan perhitungan karbon equivalen (CE) 3,936, bahan blok rem kereta api merupakan jenis besi tuang kelabu (gray iron). Temperatur heat treatment berpengaruh terhadap harga kekerasan bahan blok rem kereta api. Temperatur kritis (A1) besi tuang kelabu yang digunakan sebagai blok rem kereta api berdasarkan kandungan komposisi kimia adalah 765,585 °C (1413,635 °F). Proses heat treatment dibawah temperatur kritis menyebabkan penurunan harga kekerasan, sedangkan proses heat treatment diatas temperatur kritis menyebabkan peningkatan harga kekerasan, menunjukkan harga kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan raw material.*

**Kata kunci :** blok rem kereta api, heat treatment, besi tuang kelabu, karbon equivalen

## PENDAHULUAN

Blok rem kereta api merupakan komponen kereta api yang berfungsi untuk menghentikan kereta pada saat dibutuhkan, blok rem adalah salah satu komponen kereta api yang habis dipakai sehingga kehandalan

rem diperlukan untuk kendaraan seberat dan sebesar Kereta Api.

Kampas rem kereta api yang terbuat dari besi cor mempunyai kelemahan usia keausan yang pendek, mempunyai massa yang besar. Pemilihan cara / proses pembuatan sepatu rem dapat ditentukan sendiri oleh produsen,



syarat mutu terdiri dari : Bahan sepatu rem harus terbuat dari besi cor kelabu, sifat tampak pada sepatu rem tidak tampak retak-retak, cacar-cacat coran atau cacat lain yang mengakibatkan penyimpangan toleransi ukuran, kekerasan sepatu rem harus berkisar antara 175-197 BHN. mampu mesin, sepatu rem harus mampu mesin (dibor dan geramnya berbentuk bulat).

Dalam penelitian ini, penulis mengambil bahan baku untuk pembuatan blok rem dari sentra industri pengecoran di Ceper di wilayah kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah. Bahan yang digunakan berupa bahan hasil pengecoran yang diproduksi oleh pabrik pengecoran di wilayah tersebut.

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh media pendinginan untuk mengetahui kekerasan bahan akibat proses heat treatment pada logam hasil pengecoran tersebut. Media pendingin, temperatur dan waktu pemanasan memiliki pengaruh pada proses perlakuan panas.

Permasalahan yang timbul adalah bagaimana cara melakukan proses penelitian mengetahui pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api. Batasan masalah pada penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api. Bahan blok rem kereta api. Temperatur dan waktu proses heat treatment: Temperatur 750°C, 800°C, 850°C. Waktu 30, 60, dan 120 menit, Pendinginan didapur pemanas, Pengujian yang digunakan meliputi : pengujian kekerasan (rockwell),

Tujuan pada penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api ini adalah Mengetahui temperatur kritis (A1) untuk proses heat treatment blok rem kereta api, Mengetahui pengaruh proses heat treatment terhadap perubahan harga kekerasan bahan blok rem kereta api.

Adapun manfaat penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api sebagai berikut :

- Menerapkan metode perlakuan panas pada blok rem kereta api
- Memberikan alternatif proses pengerjaan panas pada komponen blok rem kereta api
- Mendapatkan data teknis karakteristik sifat mekanis blok rem kereta api

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api, adapun komposisi kimia ditunjukkan oleh Tabel 3.1

Tabel 1 Komposisi kimia blok rem kereta api

Unsur	Komposisi kimia (%)
C (Carbon)	3,42
Si (Silikon)	1,72
Mn (Mangan)	0,503
P (Pospor)	0,097
S (Sulfur)	0,003

(Koperasi Batur Jaya)

Bentuk pada penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat fisis dan sifat mekanis blok rem kereta api ditunjukkan oleh Gambar 1



Gambar 1. Blok rem kereta api

Selanjutnya membentuk blok rem kereta api menjadi bagian kecil yang digunakan sebagai spesimen untuk pengujian, bentuk awal spesimen ditunjukkan oleh Gambar 2



Gambar 2 Bentuk awal spesimen

Selanjutnya blok rem kereta api dibentuk menjadi spesimen kekerasan, seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



**Gambar 3 Bentuk spesimen**

### Proses Heat Treatment

Padapenelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api menggunakan alat pemanas (furnace) di Laboratorium Pengujian Bahan IST AKPRIND Yogyakarta, adapun urutan pelaksanaan proses heat treatment bahan blok rem kereta api dilaksanakan secara berturut – turut untuk temperatur 750°C, 800°C dan 850°C, adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

Persiapkan spesimen untuk proses pemanasan dengan temperatur 750°C, 800°C dan 850°C

Setting pemanas (furnace) dengan lama waktu pemanasan 120 menit setelah temperatur heat treatment mencapai 750°C (diseuaikan dengan setiap temperatur heat treatment 800°C dan 850°C)

Kemudian siapkan stopwatch untuk memantau waktu pemanasan berturut – turut selama 30, 60, dan 120 menit dengan cara menunggu hingga indikator temperatur pada pemanas (furnace) (diseuaikan dengan setiap temperatur heat treatment : 800°C dan 850°C). Selanjutnya pengambilan spesimen yang dipanaskan diseuaikan dengan waktu heat treatment yaitu 30, 60, dan 120 menit. Ulangi langkah 2 – 4 untuk proses heat treatment pada temperatur 800°C dan 850°C

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode rockwell dengan skala C. Pada Laboratorium Pengujian Bahan IST AKPRIND Yogyakarta, spesifikasi metode rockwell dengan skala C adalah sebagai berikut

Adapun urutan pelaksanaan pengujian kekerasan (hardness tester) dilaksanakan secara berturut – turut untuk lima buah spesimen, dengan jumlah pengujian untuk masing – masing spesimen berjumlah 6 titik

untuk masing-masing spesimen. Persiapkan spesimen untuk proses pengujian kekerasan (hardness tester). Setting alat uji kekerasan sesuai dengan skala C yang digunakan. Selanjutnya letakan spesimen uji pada anvil, kemudian naikan anvil dengan cara memutar pengatur anvil. Perhatikan jarum indikator pengujian yang terdiri dari jarum pendek dan jarum panjang, pada saat mendekati spesimen menuju penetrator perhatikan jarum pendek sampai menyentuh tanda merah. Setelah itu atur jarum panjang menuju titik nol (0), selanjutnya. Tekan tombol hingga menyala untuk menjalankan alat uji kekerasan. Tunggu hingga tombol mati, selanjutnya catat hasil pengujian. Ulangi langkah 1 – 7 untuk pengujian spesimen lainnya

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN Komposisi Kimia

Bahan uji yang digunakan pada penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api berdasarkan jangkauan komposisinya masuk kedalam jenis besi tuang kelabu, adapun perbandingan komposisi kimia ditunjukkan oleh Tabel 2

**Tabel 2. Perbandingan komposisi kimia**

Element	Komposisi kimia *) (%)	
	Blok Rem* )	Besi Tuang**)
C (Carbon)	3,42	2,50-4,00
Si (Silikon)	1,72	1,00-3,00
Mn (Mangan)	0,503	0,25-1,00
P (Pospor)	0,097	0,02-0,25
S (Sulfur)	0,003	0,05-1,00

\*) Koperasi Batur Jaya

\*\*) Krauss, 1995.

Menentukan jangkauan temperatur kritis bawah (the lower temperature of the critical range) dari besi tuang kelabu (gray iron) sebagai bahan blok rem kereta api, dengan menggunakan persamaan berikut (ASM Handbook Vol 4, 1991:1451):

$$\begin{aligned} \text{Critical temperature,} \\ T^{\circ}\text{F} &= 1350 + 50 (\% \text{Si}) - 45 (\% \text{Mn}) \\ &= 1350 + 50 (1,72) - 45 (0,50) \\ &= 1350 + (86 - 22,635) \\ &= 1413,6^{\circ}\text{F} \end{aligned}$$

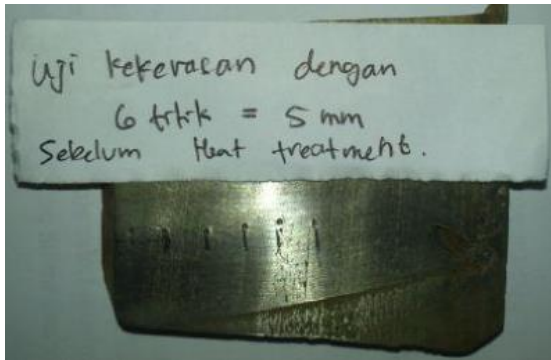
$$\begin{aligned} \text{Critical temperature,} \\ T^{\circ}\text{C} &= 730 + 28 (\% \text{Si}) - 25 (\% \text{Mn}) \\ &= 730 + 28 (1,72) - 25 (0,503) \end{aligned}$$

$$= 730 + (48,16 - 12,575)$$

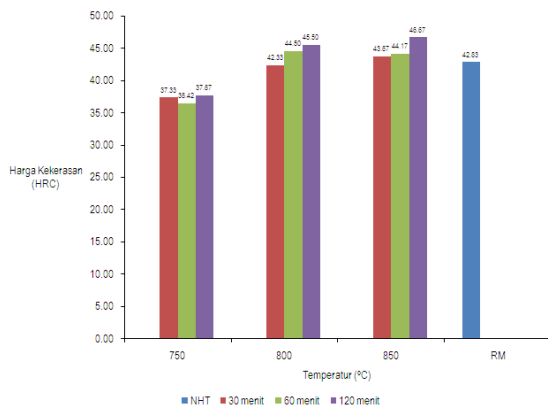
$$= 765,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan untuk mengetahui pengaruh proses heat treatment terhadap harga kekerasan blok rem kereta api, spesimen yang digunakan untuk pengujian kekerasan ditunjukkan oleh Gambar 4

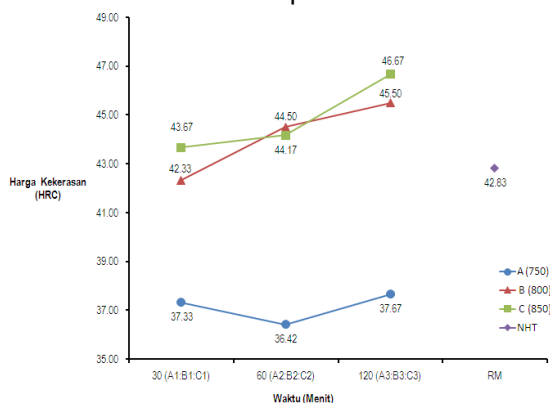


**Gambar 4** Jejak uji kekerasan pada spesimen



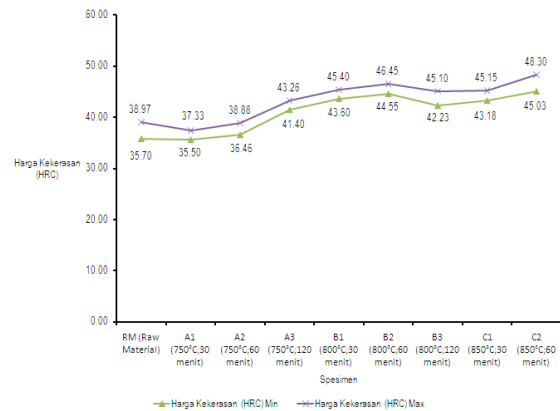
**Gambar 5** Grafik harga kekerasan

berdasarkan temperatur dan waktu



**Gambar 6** Grafik hub harga kekerasan

dengan waktu pemanasan



**Gambar 7.** Grafik hasil uji kekerasan minimum dan maksimum spesimen A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, dan C3

Pada grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 4.9 memberikan gambaran bahwa proses heat treatment yang dilakukan terhadap bahan blok rem kereta api memberikan penurunan dan peningkatan harga kekerasan. Pada bahan blok rem kereta api yang tidak mengalami proses perlakuan panas menunjukkan harga kekerasan rata-rata 42,83 HRC. Dari data hasil penelitian diperoleh penurunan harga kekerasan pada temperatur 750°C adapun harga kekerasan rata-rata pada tempertur 750°C pada sampel A1 adalah 37,33 HRC, A2 adalah 38,42 HRC, A3 adalah 37,67 HRC sedangkan heat treatment pada temperatur 800°C penurunan harga kekerasan terjadi pada sampel B1 yaitu menjadi 42,33 HRC, sedangkan peningkatan harga kekerasan terjadi pada proses perlakuan panas dengan temperatur 800°C dan 850°C, adapun harga kekerasan pada perlakuan panas dengan temperatur 800°C adal sebagai berikut, sampel B2 harga kekerasan rata-rata adalah 44,50 HRC, sampel B3 adalah 45,50 HRC, sedangkan proses perlakuan panas pada temperatur 850°C harga kekerasan rata-rata pada masing-masing sampel adalah sebagai berikut: C1 adalah 43,67 HRC, sampel C2 adalah 46,67 HRC, dan sampel C3 adalah 44,17 HRC.

Perbedaan harga kekerasan pada proses perlakuan panas di pengaruhi oleh temperatur dan holdingtime. Proses perlakuan panas pada besi tuang kelabu secara umum dpat berupa : Annealing (Ferritizing Annealing, Medium (full) annealing, Graphitizing Annealing), normalizing, hardening dan tempering (ASM Handbook Vol 4, 1991:1456-1462). Pelunakan (Annealing) pada besi tuang kelabu dapat terjadi pada 700 °C-760°C

secara umum proses annealing berpengaruh terhadap penurunan harga kekerasan, hal ini dikarenakan pada temperatur annealing dapat menghaluskan, meminimalkan, atau mengurangi bentuk masive dari eutectic carbides, proses pelunakan bertujuan untuk meningkatkan mampu permesinan dari besi tuang kelabu, proses annealing berpengaruh terhadap penurunan sifat meaknik besi tuang kelabu (ASM Handbook Vol 4, 1991:1456).

Penurunan harga kekerasan pada proses perlakuan panas di temperatur 750 °C dikarenakan sampel berada pada jangkauan temperature annealing yaitu 700°C - 760 °C. Sedangkan peningkatan harga kekerasan pada sampel yang mengalami proses perlakuan panas 800 °C dan 850 °C karena mengalami proses pengerasan (hardening), proses hardening pada besi tuang kelabu dapat terjadi pada temperatur 55 °C diatas temperatur kritis (A1) besi tuang kelabu, selain temperatur yang berpengaruh terhadap harga kekerasan pada proses hardening adalah holding time. Holding time yang semakin meningkat lebih banyak karbon laraut dalam austenit, hal ini berpengaruh terhadap peningkatan harga kekerasan (ASM Handbook Vol 4, 1991:1456).

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

Penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api, memperoleh hasil sebagai berikut Berdasarkan data komposisi bahan blok rem

kereta api dan perhitungan karbon equivalen (CE) 3,936 maka bahan blok rem kereta api merupakan jenis besi tuang kelabu (gray iron). Temperatur heat treatment berpengaruh terhadap harga kekerasan bahan blok rem kereta api. Temperatur kritis (A1) besi tuang kelabu yang digunakan sebagai blok rem kereta api berdasarkan kandungan komposisi kimia adalah 765,585 °C (1413,635 °F). Proses heat treatment dibawah temperatur kritis menyebabkan penurunan harga kekerasan, sedangkan proses heat treatment diatas temperatur kritis menyebabkan peningkatan harga kekerasan, menunjukan harga kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan raw material.

### **Saran-saran**

Penelitian pengaruh proses heat treatment terhadap sifat mekanis blok rem kereta api kedepan harap dimasukan variable untuk pengaruh media pendingin terhadap perubahan harga kekerasan besi tuang bahan blok rem kereta api.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- ASM HANDBOOK VOL 4, 1991, *Heat Treating*, ASM International.  
Buku petunjuk dari koperasi Batur Jaya KJlaten  
Krauss. G., 1995, *Steel: Heat Treatment And Processin Principles*, ASM International, Ohio

# APLIKASI A-TMP SEBAGAI MEDIA PROMOSI DAN PENJUALAN TEMPE BERBASIS ANDROID DI CV. MAJU MAKMUR PANGAN

Erfanti Fatkhiyah<sup>1</sup>, Galih Pradana Putra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Manajemen Informatika, FTI, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

Email : erfanti@akprind.ac.id, galih2014.gp@gmail.com

## ABSTRACT

The research entitled Making A-TMP Application as an Android-Based Promotion and Sales Media at CV Maju Makmur Pangan discusses the design of sales systems for Android-based tempe products that will display product information and consumers can also view product images and product prices before place an order. In this sales system there are various information ranging from product names, product images, product stock, product prices and product sales reports.

The purpose of this system is to make a sales system by following developments in this modern era by making it easier for consumers to view information and make orders without having to come directly to the place. In terms of the appearance of the user and admin interfaces is quite easy to understand, because it is made dynamic and simple. This application has various functions starting from the user making an order, seeing the shipping location.

The several methods used in completing this research are observation methods, interview methods, literature study methods and data collection obtained when observing at Cv. Maju Makmur Pangan.

The research results from this sales system are the appearance of an android application that will make it easier for consumers to place an order, view the shipping location area and the info page. Then a web display that will make it easier for administrators to manage consumer data, sales transactions, print notes and check product sales reports.

**Keywords** : *mobile application, order, tempe, android*

## INTISARI

Penelitian yang berjudul Pembuatan Aplikasi A-TMP Sebagai Media Promosi dan Penjualan Berbasis Android Di CV Maju Makmur Pangan ini membahas tentang perancangan sistem penjualan produk tempe berbasis android yang akan menampilkan informasi produk dan konsumen juga dapat melihat gambar produk dan harga produk terlebih dahulu sebelum melakukan pemesanan. Dalam sistem penjualan ini terdapat berbagai informasi mulai dari nama produk, gambar produk, stok produk, harga produk dan juga laporan penjualan produk.

Tujuan dari sistem ini adalah untuk membuat sistem penjualan dengan mengikuti perkembangan di zaman modern ini dengan memudahkan konsumen saat melihat informasi maupun melakukan pesanan tanpa harus datang langsung ke tempat. Dari segi tampilan interface user dan admin cukup mudah dipahami, karena dibuat dinamis dan sederhana. Aplikasi ini terdapat berbagai fungsi mulai dari user melakukan pemesanan, melihat lokasi pengiriman.

Adapun beberapa metode yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah metode observasi, metode wawancara, metode studi pustaka dan pengumpulan data yang didapat saat observasi di Cv. Maju Makmur Pangan tersebut.

Hasil penelitian dari sistem penjualan ini yaitu tampilan aplikasi android yang akan memudahkan konsumen dalam melakukan pemesanan, melihat area lokasi pengiriman dan halaman info. Kemudian tampilan web yang akan memudahkan admin dalam mengelola data konsumen, transaksi penjualan, cetak nota dan mengecek laporan penjualan produk.

**Kata kunci** : aplikasi mobile, pesanan, tempe, android

## PENDAHULUAN

Berkembangnya teknologi di zaman modern ini membuat banyak perusahaan-perusahaan semakin dipicu untuk menggunakan teknologi yang maju sebagai alat maupun media untuk bersaing dengan perusahaan-perusahaan lain agar tetap dapat

bersaing. Penggunaan internet secara meluas dalam kehidupan masyarakat sudah mengubah segalanya mulai dengan mudahnya akses-akses dan juga memiliki berbagai macam fungsi, terutama di era globalisasi sekarang ini membawa perubahan yang lumayan pesat, sehingga perusahaan



harus memiliki kemampuan yang cepat untuk beradaptasi dengan perkembangan teknologi agar tetap dapat bersaing dengan perusahaan lain.

Teknologi informasi juga mengalami perkembangan yang pesat ini, yang dulunya masih menggunakan cara-cara manual dan sekarang mulai beralih pada android. Yang saat ini sedang meluncurkan berbagai kemudahan bagi pengguna baru atau belum pernah memakainya, akan tetapi dengan menggunakan beberapa minggu saja sudah bisa cara pengoperasiannya dan memahami dari sisi interface tampilannya. Khususnya dalam hal jual-beli yang sekarang sudah mulai banyak pada aplikasi-aplikasi android contohnya mulai dari tokopedia, bukalapak dan lain-lain. Maka dari itu sangat diperlukan sekali aplikasi maupun web di zaman sekarang ini.

CV. Maju Makmur Pangan merupakan tempat pembuatan produk pangan tempe yang sudah berdiri sejak tahun 2007 dan belum mempunyai sistem berbasis komputer, jadi masih menggunakan sistem manual baik dalam produksi maupun administrasi, selain itu kurangnya media promosi terutama promosi secara online, yang tentunya mengakibatkan perusahaan tersebut kurang dikenal oleh banyak orang atau konsumen. Dengan adanya masalah tersebut, maka sangat dibutuhkan semacam aplikasi yang dipakai untuk mempromosikan dan menawarkan produk supaya tidak kalah saing dengan pabrik lain yang sudah mulai menggunakan teknologi dalam hal penjualan produk.

Penulis ingin melakukan pembuatan sistem informasi dan penjualan produk tempe, aplikasi ini sebagai media promosi berbasis android supaya konsumen dapat mencari informasi tentang produk yang tersedia pada CV. Maju Makmur Pangan agar kelancaran dalam pemasaran dan pemesanan produk.

Penelitian ini mengambil beberapa referensi-referensi yang berhubungan dengan obyek penelitian. Adapun referensi-referensinya, diantaranya adalah sebagai berikut :

(Alatas, 2013), sistem penjualan aplikasi mobile commerce berbasis android di toko Batik Qonita Pekalongan, yang memberikan kemudahan kepada konsumen dalam mendapatkan informasi maupun dalam membeli produk yang dijual oleh Toko Batik Qonita, hasilnya dibuatlah program aplikasi

*mobile commerce* berbasis android yang digunakan untuk melakukan transaksi penjualan batik, sehingga dapat mengenalkan batik khas Pekalongan yang ada di Toko Batik Qonita Pekalongan ini serta menjadi pelopor konsep penjualan online khusus batik dengan konten yang besar.

(Sholih, 2014) Penelitian tentang Aplikasi Penjualan Batik Berbasis Android, yang menjelaskan tentang informasi-informasi tentang Batik Puspa Kencana, produk-produk Batik Puspa Kencana, serta terdapat media jual-beli secara online yang dapat digunakan pengguna untuk memesan produk-produk batik di Batik Puspa Kencana. Metode yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini adalah dengan menggunakan metode SDLC (*System Development Life Cycle*) *Waterfall*, kemudian perancangan dilakukan dengan proses UML (*Unified Modelling Language*) dengan use case diagram, flowchart kemudian diterapkan ke dalam aplikasi menggunakan Eclipse serta ADT (*Android Development Tool*) untuk pembuatan aplikasi berbasis *android*.

(Winata, 2017), melakukan penelitian tentang Analisis dan Prediksi Penjualan Produk Terlaris Distro "Root Shoes" dengan Aplikasi Android yang menghasilkan sebuah sistem yang dapat membantu analisis dan prediksi produk penjualan terlaris sesuai dengan kebutuhan distro root shoes. Dengan adanya sistem tersebut, maka distro root shoes dapat memprediksi produk mana yang akan menjadi produk terlaris dan distro root shoes dapat menyediakan stok produk sepatu yang diprediksi terlaris.

Penelitian ini berbasis android, software yang digunakan adalah Android studio, yaitu lingkungan pengembangan terpadu (*IDE*) resmi untuk pengembangan platform android, hal itu disampaikan pada tanggal 16 mei 2013 Google I/O, android studio sudah tersedia secara bebas dibawah lisensi Apache 2.0.

Android studio pada awalnya tahap preview versi 0.1 yang dipakai pada tanggal 1 mei 2013 dan memasuki tahap beta pada bulan juni 2014 dan mulai stabil dirilis pada Desember 2014 dengan versi 1.0, berdasarkan JetBrains 'IDEA IntelliJ Software, android studio dirancang khusus untuk pengembangan android yang tersedia untuk Windows, Mac OS X dan Linux sebagai pengganti Eclipse.

Sebagai pengembangan dari Eclipse, Android Studio mempunyai banyak fitur-fitur baru dibandingkan dengan Eclipse IDE.

Berbeda dengan Eclipse yang menggunakan Ant, Android Studio menggunakan Gradle sebagai build environment. Fitur-fitur lainnya adalah sebagai berikut :

- a. Menggunakan Gradle-based build system yang fleksibel.
- b. Dapat mem-build multiple APK.
- c. Template support untuk Google Service dan berbagai macam tipe perangkat.
- d. Layout editor yang lebih bagus.
- e. Built-in support untuk Google Cloud Platform, sehingga mudah untuk integrasi dengan Google Cloud Messaging dan App Engine.
- f. Import library langsung dari Maven repository.
- g. Dan masih banyak lagi lainnya.

Ketika awal mengenal *Android*, menggunakan *Eclipse* sebagai *IDE* untuk membuat aplikasi *Android*. Jika dibandingkan dengan *Android Studio* memang dari sisi build lebih baik dibandingkan *Eclipse*, karena *Android Studio* menggunakan *Gradle*. Ditambah lagi berbeda dengan *Eclipse*, tidak perlu lagi dipusingkan dengan *dependencies package* pada *Android Studio*. Satu hal tambahan lagi yang membuat *Android Studio* unggul adalah dukungan layout xml editor secara visual yang jauh lebih baik daripada *Eclipse*. Walaupun begitu, *Android Studio* saat ini masih dalam tahap beta dan belum mempunyai dukungan untuk *NDK/Native Development Kit* (sumber : <http://www.android.com/about/>).

Dalam membangun aplikasi A-TMP selain android studio juga harus didukung android SDK, Android Development Tools (ADT), dan Android Virtual Device (AVD).

Android SDK adalah tool API (*application Programming Interface*) yang diperlukan untuk mulai mengembangkan aplikasi pada platform *Android* menggunakan bahasa pemrograman *Java*. *Android* merupakan subset perangkat lunak untuk ponsel yang meliputi sistem operasi, middleware dan aplikasi kunci yang release oleh Google. Saat ini disediakan *Android SDK* (*Software Development Kit*) sebagai alat bantu dan API untuk mulai mengembangkan aplikasi pada platform *Android* menggunakan bahasa pemrograman *java* (Safaat H, 2011 : 5).

*Android Development Tools* (ADT) yang lebih dikenal plugin *Eclipse*. plugin ini yang membuat *eclipse* dapat membuat project yang berbasis *android*.

ADT adalah plugins di *eclipse* yang harus diinstal sehingga *Android SDK* dapat

dihubungkan dengan *IDE Eclipse* yang digunakan sebagai tempat coding aplikasi android nantinya. ADT adalah kepanjangan dari *Android Development Tolls* yang menghubungkan antara *IDE Eclipse* dengan *Android SDK* (Safaat H, 2011 : 17).

*Android Virtual Device* (AVD) yang merupakan emulator untuk menjalankan program aplikasi android yang dibuat, AVD ini nantinya yang dijadikan sebagai tempat test dan menjalankan aplikasi android yang dibuat, AVD berjalan di virtual Machine (Safaat H, 2011 : 19).

Perancangan aplikasi menggunakan UML dan database MySQL. Dalam perancangan aplikasi ini dijabarkan *use case diagram* dan *class diagram*. *Uses case diagram* menggambarkan fungsionalitas yang diharapkan dari sebuah sistem. *Use case* di sini mempresentasikan interaksi antara konsumen/user, admin dan sistem. *Use case* merupakan suatu pekerjaan tertentu, misalnya admin login ke sistem, admin menambah dan menghapus data dll. *Use case diagram* pada sistem penjualan ini dapat dilihat pada gambar 1.

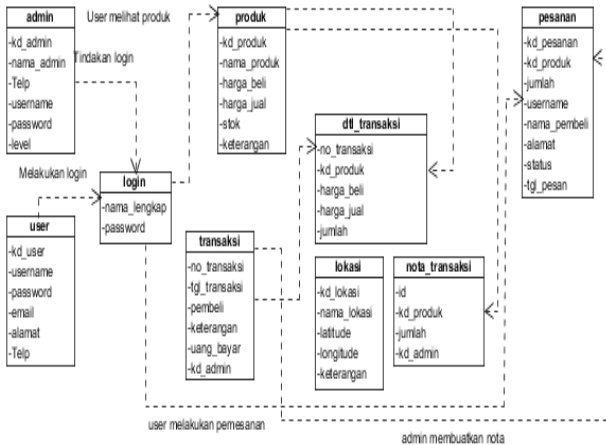


Gambar 1. Use Case Diagram

*Class diagram* menggambarkan suatu struktur dan deskripsi *class*, *package*, dan *objek* beserta hubungan satu sama lain dari suatu tabel yang akan direlasikan. *Class diagram* pada aplikasi A-TMP ini dapat dilihat pada gambar 2.



Tampilan gambar 1 menunjukkan keterangan aplikasi dan logo loading aplikasi. Jika tidak terhubung ke internet, maka aplikasi akan tertutup sendiri dan tidak menuju ke halaman login/register. Halaman loading awal ini dapat dilihat pada gambar 1.



**Gambar 2. Class Diagram SistemPenjualan Produk**

MySQL adalah sebuah program database server yang mampu menerima dan mengirimkan datanya dengan sangat cepat, multiuser serta menggunakan perintah standar SQL (Structure Query Language).

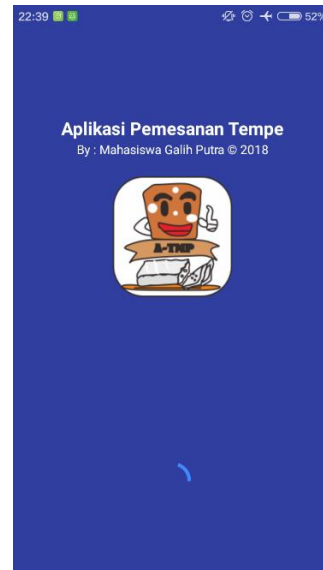
MySQL merupakan sebuah database server yang free, artinya bebas digunakan untuk keperluan pribadi atau usaha tanpa harus membeli atau membayar lisensinya. MySQL ini dapat digunakan baik sebagai client maupun server (Nugroho, 2005)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari sistem penjualan berbasis android ini, ada 2 jenis pengguna sistem, yaitu :

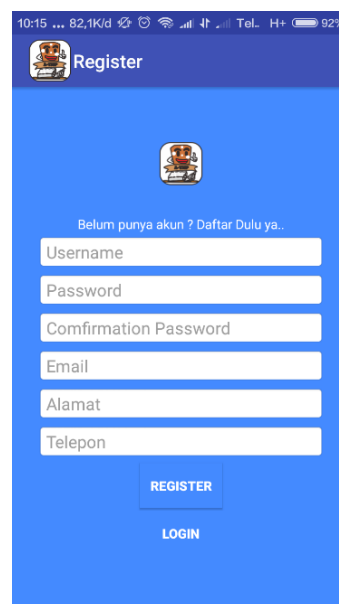
1. Pertama admin yang memiliki hak untuk mengakses halaman admin dan dapat mengelola data user, kelola data produk, kelola cek pesanan user, kelola transaksi dan kelola laporan penjualan dalam sistem penjualan ini.
2. Kedua user yang hanya memiliki hak akses pada aplikasi android untuk mendapatkan informasi dari produk, melihat area lokasi pengiriman dan melakukan order produk yang telah ditambahkan oleh admin.

Gambar 1 merupakan halaman loading awal ketika user membuka aplikasi, akan muncul loading dan jika berhasil masuk, maka akan menuju ke tampilan login dan register.



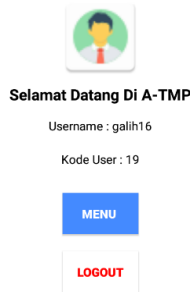
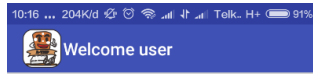
**Gambar 2. Halaman Loading Awal**

Gambar 2 menampilkan form untuk pendaftaran user yang ingin mengakses halaman utama user dan juga order produk. Dengan cara mengisi form daftar user kemudian klik register. Halaman daftar user baru dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar 2. Halaman Daftar User Baru**

Gambar 3 adalah tampilan halaman utama user jika sudah melakukan login. Pada tampilan utama ini terdapat keterangan aplikasi, username, id user dan ada satu menu. Halaman ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Halaman Utama Berhasil Login

Pada gambar 4 merupakan tampilan halaman ketika user klik menu pada halaman utama user dan di halaman utama aplikasi terdapat 3 menu produk, area lokasi pengiriman dan tentang. Halaman utama aplikasi dapat dilihat pada gambar 4.

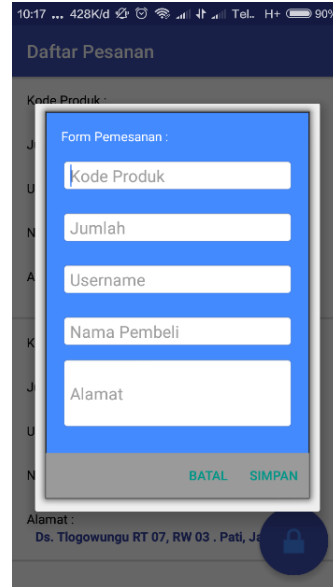


HALAMAN UTAMA APP :



Gambar 4. Halaman Utama Aplikasi setelah Klik Tombol Menu

Gambar 5 merupakan tampilan halaman form pesanan, ini akan muncul setelah klik beli pada halaman produk dan user dapat mengisi form pesanan terdiri dari kode produk, jumlah pesanan, username, nama pembeli dan alamat pembeli sesuai produk yang ingin dipesan. Halaman ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Halaman Form Pesanan Setelah User Klik Beli

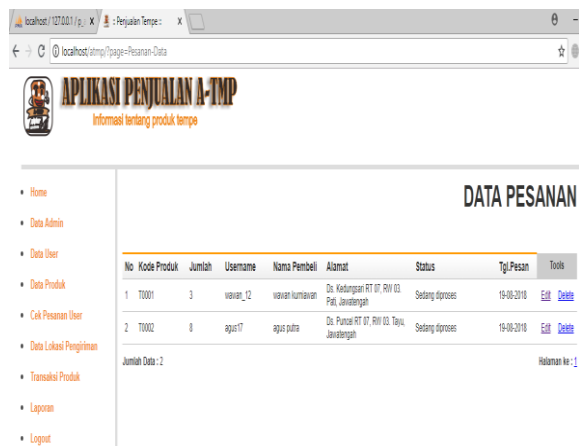
Pada halaman home admin ini menunjukkan menu-menu yang ada pada halaman utama admin. Halaman home admin dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Halaman Home Admin

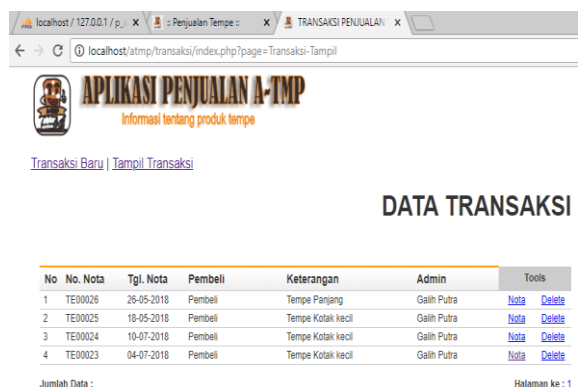
Pada halaman kelola data pesanan menunjukkan bahwa admin dapat melihat data pesanan yang ada di database dan juga dengan fasilitas tombol tambah data, edit data dan delete data, maka admin dapat mengelola data pesanan dari halaman ini.

Halaman kelola data pesanan dapat dilihat pada gambar 7.



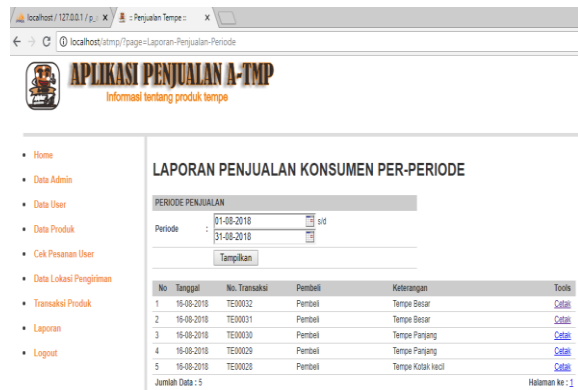
Gambar 7. Halaman Kelola Data Pesanan

Pada halaman menampilkan data transaksi menunjukkan informasi sesuai data transaksi, mulai dari nomor nota, tanggal nota, nama pembeli dan keterangan produk dan nama admin, terdapat juga dua tombol yaitu tombol nota setelah diklik maka akan menampilkan nota pembelian dan tombol delete setelah diklik maka akan menghapus data transaksi. Halaman tampilan data transaksi dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Halaman Tampilan Data Transaksi

Pada halaman laporan penjualan konsumen per-periode menampilkan informasi per periode penjualan sesuai tanggal transaksi, nomor transaksi, nama pembeli dan keterangan produk, dapat mencetak daftar penjualannya. Halaman laporan penjualan konsumen per periode dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Halaman Laporan Penjualan Konsumen per Periode

Pada halaman laporan penjualan per produk menampilkan informasi penjualan per produk sesuai nomor transaksi, kode produk, nama produk, harga produk, jumlah produk, dan total pembayaran produk. Halaman laporan penjualan per produk dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Halaman Laporan Penjualan per Periode

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian pembuatan aplikasi sebagai media promosi dan penjualan tempe berbasis android di Cv. Maju Makmur Pangan ini dapat diambil kesimpulan bahwa aplikasi A-TMP di Cv. Maju Makmur Pangan ini dapat digunakan sebagai media promosi, pemasaran dan informasi kepada konsumen / pelanggan.

Aplikasi ini dapat diakses secara online melalui mobile, aplikasi A-TMP dapat menyajikan informasi terkait dengan produk tempe di Cv. Maju Makmur Pangan mengenai jenis dan ukuran tempe yang dipasarkan, serta adanya menu pemesanan yang dapat digunakan konsumen untuk memesan dan

membeli tempe pada CV. Maju Makmur Pangan.

Konsumen hanya perlu melakukan pendaftaran dan login, kemudian memilih produk dan melakukan pemesanan kemudian akan diinfokan oleh admin jumlah uang yang harus dibayarkan.

### SARAN

Keterbatasan waktu dalam membangun aplikasi A-TMP ini, maka masih banyak kekurangan-kekurangna dalam aplikasi, antara lain:

1. Pada aplikasi A-TMP ini masih belum terdapat sarana komunikasi untuk konsumen (Tanya jawab) maupun kirim foto kepada pihak Cv. Maju Makmur Pangan melalui aplikasi android ini secara langsung, jadi setelah user melakukan pembayaran, maka harus langsung melakukan konfirmasi pembayaran lewat nomor telepon yang sudah disediakan pada halaman info.
2. Aplikasi dapat dikembangkan dalam proses pembayaran langsung melalui aplikasi android agar mempermudah konsumen saat membeli tempe dan aman saat bertransaksi.
3. Aplikasi A-TMP belum diterapkan secara online, masih uji coba secara localhost, sehingga perlu ada uji coba secara online.

### DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, Achmad Zakyy. 2013. *Rancang Bangun Dan Implementasi Aplikasi Mobile Commerce Berbasis Android Di Toko Batik Qonita Pekalongan*, Program Studi Teknik Informatika. Universitas Dian Nuswantoro  
<http://www.android.com/about/>. Diakses pada 30 Februari 2018.
- Nugroho, B., 2005, *Database Relasional dengan MySQL*, penerbit Andi, Yogyakarta
- Safaat, H. 2011 (Edisi Revisi). *Pemrograman Aplikasi Mobile Smarthphone dan Tablet PC Berbasis Android*. Informatika Bandung.
- Sholih, Fachrul Barry. 2014. *Perancangan Aplikasi Penjualan Batik Berbasis Android (Studi Kasus di Batik Puspa Kencana, Laweyan, Solo)*. Program Studi Informatika. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Winata, Anjar Dimas. 2017. *Analisis Dan Prediksi Penjualan Produk Terlaris Distro "Root Shoes" Dengan Aplikasi Android*. Program Studi Informatika. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

## PEDOMAN PENULISAN NASKAH

### Bahasa

Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baku.

### Susunan Naskah

Susunan naskah memuat judul, abstract, intisari, pendahuluan, metode, pembahasan, kesimpulan, dan daftar pustaka dan ditulis tanpa menggunakan nomor sub judul. Judul singkat dan jelas menunjukkan isinya, ditulis bold dalam bahasa Indonesia atau Inggris. Di bawah dicantumkan nama penulis (tanpa gelar) dan instansi, serta alamat email.

**ABSTRACT** dalam bahasa Inggris dan ditulis italic, dilengkapi dengan intisari berbahasa Indonesia yang memuat permasalahan, metodologi dan hasil. *Abstrac* dan *Intisari* memuat maksimal 300 kata dan dilengkapi dengan *keywords* atau kata kunci sebanyak 3-5 kata.

**PENDAHULUAN** berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, metodologi (jika ada) serta tinjauan pustaka dan landasan teori yang relevan, tanpa menggunakan sub judul. Sumber rujukan ditunjuk dengan menuliskan di dalam kurung: nama akhir penulis dan tahun penerbitan.

**PEMBAHASAN** menguraikan hasil analisis kualitatif dan/atau kuantitatif dengan penekanan pada jawaban atas permasalahan.

**KESIMPULAN** berisi pernyataan singkat tentang hasil yang disarikan dari pembahasan. Saran dapat dituliskan pada bagian paling akhir.

**DAFTAR PUSTAKA** hanya memuat pustaka yang relevan dengan naskah dan disusun menurut abjad. Buku:

Buschow, K. H. J. dan F. R. De Boer, (2004), *Physics Of Magnetism And Magnetic Materials*, Kluwer Academic Publisher, New York.

Artikel online:

Clay, R. (2008, June). Science vs. ideology: Psychologists fight back about the misuse of research. *Monitor on Psychology*, diunduh dari: <http://www.apa.org/monitor/> tanggal 10 Agustus 2012

Jurnal:

Kahani, S.A., dan M.Jafari, (2009), A new method for preparation of magnetite from iron oxyhydroxide or iron oxide and ferrous salt in aqueous solution, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, Volume 321 no.3, hlm.1951–1954.

### Teknik Penulisan

Naskah diketik dengan jarak 1 spasi, pada format ukuran A4 (210 x 297 mm), halaman. Jenis huruf Arial 10 point, margin atas 2,5 cm, bawah 2.5 cm, kiri 3 cm, dan kanan 2.5 cm, Jumlah halaman 7-10 tanpa footnote. Gambar/Foto merupakan gambar digital (hasil scanner) yang menyatu dalam teks, menggunakan warna *greyscale*. Penomoran tabel (di atas tabel), gambar (di bawah gambar) dengan nomor urut. Gunakan angka arab (1,2, 3 dst) untuk penomoran gambar,. Persamaan dituliskan dengan angka arab pada tepi kanan diantara tanda kurung.

**PENDAHULUAN, PEMBAHASAN, KESIMPULAN dan DAFTAR PUSTAKA** dibuat dengan 2 kolom dengan jarak antar kolom 1 cm.

### Pengiriman Naskah

Naskah dikirim ke Redaksi melalui laman [journal.akprind.ac.id/index.php/jurtek](http://journal.akprind.ac.id/index.php/jurtek) secara *online*. Melakukan registrasi (di menu daftar) terlebih dahulu kemudian mengunggah makalah dan Surat Pernyataan tertulis belum pernah dimuat dalam penerbitan lain.

### Biodata Penulis

Bagian akhir makalah disertakan biodata penulis mencakup: nama lengkap, tempat tanggal lahir, alamat korespondensi (rumah/kantor dan email), tahun lulus dan bidang ilmu untuk S-1, atau S-2, atau S-3 spesialisasi dan minat keilmuan serta hal-hal lain yang dianggap perlu dicantumkan.

Redaksi berhak menolak naskah yang tidak memenuhi kriteria/persyaratan teknis, mengadakan perubahan susunan naskah, memperbaiki bahasa dan berkonsultasi dengan penulis sebelum naskah dimuat.

