

# Solusi Analitik Rambatan Panas dengan Syarat Batas Tak Homogen

## Analytical Solution of Heat Flow with Nonhomogeneous Boundary Conditions

Jefery Handoko<sup>1</sup>, Suharsono S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Matematika FMIPA Universitas Lampung  
jefhan.handoko55@gmail.com, suharsono.1962@fmipa.unila.ac.id

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

### Abstrak

Masalah rambatan panas dirumuskan dalam bentuk persamaan diferensial parsial yang tak bergantung pada waktu  $t$  dengan syarat batas tak homogen. Persamaan ini diselesaikan dengan metode analitik di sekitar titik temperatur kesetimbangan ditentukan dengan metode pemisah peubah sehingga diperoleh solusi analitik.

Kata-kata kunci : Persamaan Diferensial Parsial, Rambatan Panas, Syarat Batas Tak Homogen.

### Abstract

*Heat flow problem is defined in the form of partial differential equation which is not depend on time  $t$  completed by nonhomogeneous boundary conditions. This equation solved by analytic method around temperature equilibrium point determined by the method of separation of variables for finding analytic solutions.*

*Keywords : Partial Differential Equation, Heat Flow, Nonhomogeneous Boundary Conditions*

### Pendahuluan

Konsep rambatan panas merupakan kemajuan dari perkembangan teknologi, salah satu misalnya pertukaran panas dan pembangkit listrik panas bumi [1]. Energi panas dapat digunakan dalam kimia sebagai contoh pada elektron pengelasan balok [2] dan proses hidrasi reaksi kimia [3]. Perambatan dilakukan secara konveksi dengan tabung [4-5] dan konduktif-konveksi dengan rotasi dan gradien panas [6]. Optimisasi topologi pada panas [7] dan material untuk efisiensi dan minimum berat dan volume [8] menggunakan proses perambatan. Pemodelan matematika dilakukan pada pemanasan sementara lempeng [9], efek hisap/tiup aliran stabil [10], efek lepas penyusutan [11], serta efek radiasi termal [12].

Pandang sebuah model rambatan panas pada batang besi seragamsepanjang  $L$  dengan temperatur konstan pada sisi kiri dan sisi kanan. Persamaan ini menggunakan nilai awal dan syarat batas. Metode pemisah peubah tidak dapat langsung digunakan karena syarat batas tak homogen. Untuk menganalisis masalah ini, definisikan titik temperatur kesetimbangan dengan peubah waktu bebas dengan mengabaikan nilai awal [13].

### Teori/Metode

#### 1. Rambatan panas dengan sumber dan syarat batas tak homogen

##### 1.1. Syarat batas terhadap waktu

Rambatan panas (tanpa sumber) pada batang besi seragam dengan panjang  $L$  dengan temperatur tertentu dengan suhu  $A^0$  dan  $B^0$  di sisi kiri dan kanan. Jika syarat awal dipilih, masalah matematika untuk suhu  $u(x,t)$  adalah

$$u_t - ku_{xx} = Q(x) \quad (1.1a)$$

$$u(0,t) = A \quad (1.1b)$$

$$u(L,t) = B \quad (1.1c)$$

$$u(x,0) = f(x) \quad (1.1d)$$

##### 1.2. Titik temperatur kesetimbangan

Titik temperatur kesetimbangan  $r(x,t)$  dengan temperatur diketahui dikatakan stabil pada persamaan panasmemenuhi

$$r_{xx} = 0 \quad (1.2a)$$

dengan

$$r(0,t) = A(t) \quad (1.2b)$$

$$r(L,t) = B(t) \quad (1.2c)$$

Dengan mengabaikan nilai awal pada titik temperatur kesetimbangan dapat dinyatakan unik dalam bentuk persamaan

$$r(x,t) - A(t) - \frac{B(t)}{L} A(t)x \quad (1.2d)$$

### 1.3. Metode pemisah peubah

Misalkan

$$u(x,t) = v(x,t) = r(x,t) \quad (1.3a)$$

dengan nilai awal

$$v(x,0) = f(x) = r(x,0) \quad (1.3b)$$

dan syarat batas

$$v(0,t) = u(0,t) = r(0,t) \quad (1.3c)$$

$$v(L,t) = u(L,t) = r(L,t) \quad (1.3d)$$

Dengan menggunakan metode pemisah peubah diperoleh

$$u_t = v_t = r_t \quad (1.3e)$$

$$u_x = v_x = r_x \quad (1.3f)$$

dan differensiabel terhadap x

$$u_{xx} = v_{xx} = r_{xx}. \quad (1.3g)$$

Substitusikan persamaan (1.3d – 1.3f) ke persamaan (1.1a) sehingga diperoleh

$$v_t = kv_{xx} = Q(x,t) = r_t = kr_{xx}. \quad (1.3h)$$

Dengan metode pemisah peubah diperoleh hasil

$$v(x,t) = F(x) = G(t) \quad (1.3i)$$

$$F = G(t) = k F_{xx} = G \quad (1.3j)$$

## Hasil dan Diskusi

### Aplikasi Metode Pemisah Peubah

Diketahui persamaan panas dengan sumber energi termal  $Q(x,t)$  sebagai berikut

$$u_t = ku_{xx} = Q(x) \quad (2.1)$$

dengan

$$u(x,0) = f(x) \quad (2.2)$$

$$Q(x) = k \quad (2.3)$$

$$u(0,t) = A \quad (2.4)$$

$$u(L,t) = B. \quad (2.5)$$

Akan dicari solusi dari persamaan di atas.

Misal untuk studi kasus ini dipilih

$$A(t) = A \quad (2.6)$$

$$B(t) = B \quad (2.7)$$

maka berdasarkan (1.2d) diperoleh

$$r(x,t) = A - \frac{B}{L} A x. \quad (2.8)$$

Kemudian

$$r(0,t) = A \quad (2.9)$$

$$r(L,t) = B. \quad (2.10)$$

Misalkan

$$u(x,t) = v(x,t) = r(x,t) \quad (2.11)$$

dengan nilai awal

$$v(x,0) = f(x) = A - \frac{B}{L} A x \quad (2.12)$$

dan syarat batas

$$v(0,t) = 0 \quad (2.13)$$

$$v(L,t) = 0 \quad (2.14)$$

Dengan menyulihkan persamaan (1.3e - 1.3g, 2.3) ke persamaan (1.3h) diperoleh

$$v_t = kv_{xx} = k. \quad (2.15)$$

Misalkan

$$v(x,t) = F(x) = G(t) = kt. \quad (2.16)$$

Dengan menggunakan metode pemisah peubah didapat

$$v_t = F = G_t = k \quad (2.17)$$

$$v_x = F_x = G \quad (2.18)$$

$$v_{xx} = F_{xx} = G. \quad (2.19)$$

Substitusikan ke persamaan (2.16) dengan c suatu konstanta diperoleh

$$k \frac{F_{xx}}{F} = c \quad (2.20)$$

$$\frac{G_t}{G} = c \quad (2.21)$$

sehingga

$$F = c_1 \cos \sqrt{\frac{c}{k}} x + c_2 \sin \sqrt{\frac{c}{k}} x \quad (2.22)$$

$$G = Ce^{ct}. \quad (2.23)$$

Oleh karena itu

$$v(x,t) = e^{ct} c_1 \cos \sqrt{\frac{c}{k}} x + c_2 \sin \sqrt{\frac{c}{k}} x + kt \quad (2.24)$$

Akan dicari  $c_1$  dan  $c_2$  dengan syarat batas dan nilai awal. Dengan persamaan (2.13 - 2.15) diperoleh

$$c_n = k \frac{2n}{L}^2 \quad (2.25)$$

$$c_{1,n} = kte^{c_n t} \quad (2.26)$$

sehingga

$$v_n(x,t)$$

$$e^{c_n t} = e^{c_n t} kt \cos \frac{2n}{L} x + c_{2,n} \sin \frac{2n}{L} x + kt. \quad (2.27)$$

Dengan nilai awal  $v(x,0)$  diperoleh

$$\sum_{n=1}^{\infty} c_2 \sin \frac{2n}{L} x = g(x) \quad (2.28)$$

dengan

$$g(x) = f(x) - A - \frac{B-A}{L}x \quad (2.29)$$

sehingga

$$c_{2,n} = \frac{2}{L} \int_0^L g(x) \sin \frac{2n}{L} x dx. \quad (2.30)$$

Dengan prinsip superposisi

$$v(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} v_n(x,t). \quad (2.31)$$

sehingga diperoleh

$$v(x,t) =$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} e^{c_n t} c_{1,n} \cos \frac{2n}{L} x + c_{2,n} \sin \frac{2n}{L} x - kt. \quad (2.32)$$

Sebagai contoh misalnya

$$k = 1 \quad (2.33)$$

$$A = 5 \quad (2.34)$$

$$B = 10 \quad (2.35)$$

$$f(x) = x \quad (2.36)$$

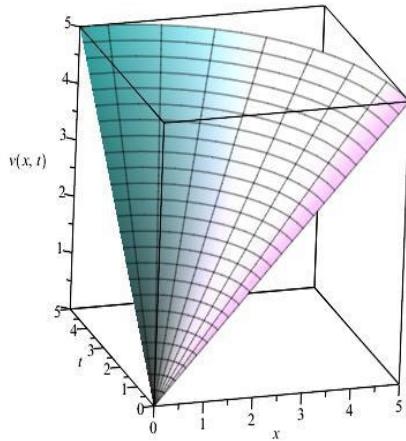
$$L = 3 \quad (2.37)$$

$$n = 10 \quad (2.38)$$

maka

$$g(x) = \frac{2}{3}x - 5. \quad (2.39)$$

Gunakan persamaan (2.25 – 2.27) sehingga diperoleh persamaan (2.32) yang dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Model rambatan panas.

## Kesimpulan

Persamaan panas dapat diselesaikan secara analitik dengan syarat batas tak homogen menghasilkan solusi berbentuk

$$v(x,t) = \sum_{n=1}^{\infty} e^{c_n t} c_{1,n} \cos \frac{2n}{L} x + c_{2,n} \sin \frac{2n}{L} x - kt$$

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan staff Jurusan Matematika Universitas Lampung atas diskusi dan saran yang bermanfaat.

## Referensi

- [1] Salim N. Kazi, "An Overview of Heat Transfer Phenomena", Penerbit Intech,Open Access,2012, p. 125
- [2] R. Rai, P. Burgardt, J. O. Milewski, T. J. Lienert, and T. DebRoy,"Heat Transfer and fluid flow during electron beam welding of 21Cr-6Ni-9Mn steel and Ti-6Al-4V alloy",Journal of Physics D: Applied Physics 42,1-12 (2009)
- [3] K. Meinhard and R. Lackner,"Multi-phase hydration model for prediction of hydration-heat release of blended cements", Cement and Concrete Research 38, 794-802 (2008)
- [4] P. Canhoto and A. H. Reis,"Optimization of fluid flow and internal geometric of volumes cooled by forced convection in an array of parallel tubes", International Journal of Heat and Mass Transfer 54,4288-4299 (2011)
- [5] T. Yokomine, J. Takeuchi, H. Nakaharai,S. Satake, T. Kunugi, N. B. Morley, and M. A. Abdou,"Experimental investigation of turbulent heat transfer of high prandtl number fluid flow under strong magnetic field", Fusion Science and Technology 52, 625-629 (2007)
- [6] J. M. Lopez, F. Marques, and M. Avila,"Conductive and convective heat transfer in fluid flows between differentially heated and rotating cylinders", International Journal of Heat and Mass Transfer 90, 959-967 (2015)
- [7] E. M. Dede, "Multiphysics topology optimization of heat transfer and fluid flow systems",Proceedings of the COMSOL conference 2009 Boston, October 8-10, 2009,MA,USA
- [8] A. Kopanidis, A. Theodorakakos, E. Gavaises, and D. Bouris,"3D numerical simulation of flow and conjugate heat transfer through a pore scale of high porosity open cell metal foam", International Journal of Heat and Mass Transfer 53, 2539-2550 (2010)

- [9] M. Y. Kim, "A heat transfer model for the analysis of transient heating of the slab in a direct-fired walking beam type reheating furnace", International Journal of Heat and Mass Transfer 50,3740-3748 (2007)
- [10] K. Bhattacharyya and G. C. Layek, "Effects of suction/blowing on steady boundary layer stagnation-point flow and heat transfer towards a shrinking sheet with thermal radiation", International Journal of Heat and Mass Transfer 54, 302-307 (2011)
- [11] K. Bhattacharyya, S. Mukhopadhyay, and G. C. Layek, "Slip effects on boundary layer stagnation-point flow and heat transfer towards a shrinking sheet", International Journal of Heat and Mass Transfer 54, 308-313 (2011)
- [12] K. Bhattacharyya, S. Mukhopadhyay, G. C. Layek, and I. Pop, "Effects of thermal radiation on micropolar fluid flow and heat transfer over a porous shrinking sheet", International Journal of Heat and Mass Transfer 55, 2945-2952 (2012)
- [13] R. Haberman, "Applied Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems, Pearson Prentice Hall, 5th Edition, 2013.

# **The Analysis of Causal Relationship between Innovation, Research & Development Expenditures and Economic Growth in Indonesia**

Devi Oktiani

Baristand Industri Bandar Lampung

divya\_de\_vi@yahoo.com

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

## **Abstract**

*This paper starts with the overview of Research and Development (R&D) expenditures as an indicator of innovation. The objective of this research is to investigate the relationship between innovation which represented as government's R&D expenditure and economic growth in country level in Indonesia. Economic growth is represented by gross domestic product (GDP). The research focuses on agriculture, forestry, and fishery sectors. The analysis uses Granger's causality test, unit root test, and Vector Auto Regression (VAR) model estimation. The causal relationship were analyzed on the level which is stationary and has no co-integration relationship between variables. According to Granger's causality test applied, there are short term and long term causal relationship between R&D expenditure and economic growth.*

**Key word :** R&D expenditures, GDP, Granger's causality, VAR model.

## **Introduction**

The goal of innovation is to create a positive change which make someone or something better, it also means renewal of science and technology that provide economic and social benefit [1]. This study focus on Research and Development (R&D) expenditures and economic growth related to innovation. R&D activities are generally accepted as the driving force of economic growth [2]. The increase of R&D in a certain level required in every country as the basis of innovation to move [1].

Indonesia, as the biggest country in south east Asia in term of nominal GDP and a country with the big number population, its economic growth has impact in regional and international trade. Government of Indonesia spend 0.08 % of GDP as R&D expenditure, this number is far below the average of countries in the world which is 2.1 % of GDP [3]. This study focuses on government expenditure in agriculture, fishery, and forestry, as this three sectors has big impact on national GDP.

The objective of this study is to empirically observe the causal relationship between R&D expenditures and economic growth in Indonesia. In the study, Granger's causality test will be applied by considering the data about government expenditure and GDP. The positive or negative impact is analyzed using Varian Autoregressive (VAR) model. In the literature review section of this study the

impacts of R&D expenditures on economic growth will be mentioned, and then the results will be presented and evaluated in the empirical findings section. The methodology part will offer information about the data set and methodology used in the empirical part of this study.

## **Literature Review and Methodology**

### **1. Theoretical Background**

Economic growth is influenced by innovation and imitation. Innovation means firms invest significant resources in research and development (R&D) activities to discover qualitatively improved products and capture associated profits. Imitation means when the firms are successful, other firms were attracted by these profits and then they imitate and improve the development and production of new products [4].

The theoretical literature on R&D races between firms focuses almost exclusively on the development of new products or processes [4]. Economic growth depends on several factors, includes the country's rate of saving, the stock of productive inputs, and technical change. Technical change related to innovation, and this is a major determinant of economic growth [5]. The expenditures on new product development, the R&D is the main factor for the economic growth of both developed and developing countries [6].

*Innovation is not only related to or driven by a relatively small group of high technology industries. Industries that are regarded as traditional industry or mature or „low-tech“ often generate substantial amounts of sales from technologically new products and processes. The service sector is also strongly innovative, across almost all of its component activities, and this is particularly important since the service sector is the largest sector in all advanced economies [7].*

*On measuring the innovation, researchers may use either input measures such as R&D expenditures or innovation outcomes such as patents [8]. R&D intensity, the ratio of R&D expenditure to GDP is an important indicator to measure the extent of a country's efforts in technological innovation. R&D expenditure, by source of funds are grouped into: government funds, corporate funds, foreign funds, and other funds [9], [10].*

*Innovation process also requires a number of non-R&D activities such as the acquisition of patent, design, trial production, training of personnel, market research and, investment in new production capacity. [11]. R&D outputs includes copyrights, trademarks, patents, and other forms of intellectual property protection. Similar to tangible capital assets such as machinery and equipment, the R&D outputs can be used repeatedly, and generate income in a long period. Therefore, R&D expenditures is in common with investment expenditures than with the intermediate expenditures that firms make to support their production processes [12]. The non-R&D expenditure may be of considerable quantitative importance. In many of these countries, information about non-R&D expenditure on innovation is virtually not available [11]. As a result, innovation measurement is consider only R&D however, this is frequently considered unsatisfactory. R&D is naturally and strongly depend on the human capital factor, especially the highly qualified human resources in science and technology. So to support the R&D means not only to support the R&D projects and businesses but also the human capital involved [13]. Research and development is a key long-run determinant of productivity and consumer welfare and Innovation is widely recognized as the key to long-term economic prosperity [14], [15]. The innovation, R&D expenditures and the investments in technology are ensuring competitiveness, progress, and a sustainable economic growth [16].*

*According to the theory of economic growth, since technical progress is closely associated with the knowledge emerging from R&D activities, the technical change is considered to be generated by formal R&D activities. Therefore, the new growth economic theory included R&D as a factor of influence in the macroeconomic models [17].*

*The impact of a technological innovation will generally depend not only on its inventors, but also on the creativity of the eventual users of the new technology [18].*

*Agricultural R&D is characterized by very long lags between research investments and their impacts. The benefits of today's research investments may accrue primarily to some future generation of producers and consumers. As a result agricultural R&D has been a highly profitable investment from society's point of view [19]. Measuring innovation in agricultural firms is complicated due to the complexities and uncertainties linked to the sector [20]. A common perception is that agricultural research is primarily the domain of the public sector, while research in other sectors is the domain of private sector. Recent years, R&D in agricultural sectors is prominent in rich countries. The trend has trended up significantly since 1981 and now almost half the OECD's agricultural R&D is performed by the business sector [19].*

*For governments in developing countries, structuring agriculture to contribute to economic growth has become a challenge [21], it includes technological innovation to raise adequate food supply and intensification of innovative agrarian programs [22]. While in OECD countries, the composition of R&D has shifted from low to high technology areas [23].*

*Theoretically, there is a positive linkage between innovation and economic growth. According to this hypothesis, R&D plays a major role in innovation, raising productivity and accelerating economic growth [Cetin 2013]. The high level of R&D investment leads to higher level of total factor productivity (TFP), which will accelerates economic growth. It is also possible that economic growth positively affect total R&D investment. As a result, it can be argued that total R&D investment can Granger – cause economic growth, just as economic growth can Granger cause total R&D investment [24].*

*There are previous research which studies the causal relationship between R&D*

expenditure and economic growth. Haskel (2013) find a statistically significant correlation between market sector TFP growth and Research Council spending [25]. Akcay (2011) use VAR model, Johansen co integration, Granger causality to analyze the causal relationship [24]. Pece (2015) provide evidence of a positive relationship between economic growth and innovation [16]. Sylwester (2001) investigates relationship between R&D and economic growth in 20 OECD and G7 countries, employing multivariate regression analysis. The results indicates that there is no strong causal relationship found between R&D expenditures and economic growth in OECD countries, while a positive relationship between industry R&D expenditures and economic growth is establish in the case of the G7 countries [24],[26]. The results of Granger causality test of R&D expenditures cause GDP for Finland, France and Spain indicate that GDP causes R&D expenditures in Denmark and there is no causality between variables in other countries [27].

Bayarcelik (2012) develops a model to examine the relation between researchers employed in R&D departments, R&D expenditures, patents as innovation indicators, and Gross Domestic Product (GDP) as economic growth. The results indicates that there is a positive and significant relationship between R&D investment and number of the employees in the R&D department with GDP. However, there is a significant but negative relation between GDP and number of patents. Patent involves costs in terms of various fees including, such as, filing fees, agent fees and translation fees which makes patenting costly in the short-run [28].

Gumus (2015) provides an empirical analysis of the relationship between R&D expenditures and economic growth, and determines whether this relationship differs with respect to the degree of development. The study includes data from 52 countries from 1996 to 2010 and employs a dynamic panel data model. The results indicate that R&D expenditure has a positive and significant effect on economic growth for all countries in the long run, which is consistent with the relevant literature. While for developing countries, the effect is weak in the short run but strong in the long run, as expected. The study adds new empirical evidence to the literature [29].

The study of the effect of total research and development (R&D) spending and its

sub-components (business and government R&D spending) on economic growth in 18 OECD countries over the period 1981-2012 indicate that total and business R&D spending do not have a statistically significant effect on economic growth. However, government R&D spending influences economic growth in both the short and long run. While R&D spending by government has a negative effect on economic growth in the short run this effect becomes positive in the long run. [30].

Sylvester (2001) studies the association between R&D and economic growth in 20 OECD countries using a multivariate regression. There is not found to be a strong association between the two. But when considering only G-7 countries, there is reported to be a positive association between industry R&D expenditures and economic growth [26].

The economic growth as an effect of R&D in the EU15 countries is less significant than that for other industrialized countries. Comparation between EU 15 and the US indicates that the US has been able to generate a stronger growth response from its R&D spending [31].

The impact of R&D activity has significant impact on economic growth only among the more developed countries. Among middle income and less developed ones, the effects are insignificant [32]. As an example, Tuna (2015) applies the Granger's causality analysis, it is mentioned that there is no causality relationship between the R&D goverment expenditure and GDP in Turkey [2]. The empirical analysis finds that R&D investment has played an important role in fostering productivity growth and productivity impact of R&D is stronger in more advanced industries [33].

There are also instances where studies show that innovative activities have a negative impact on firm growth, most commonly caused by the inability of the high cost of research to be recovered through increased sales or profits [34].

According to the findings of Sylwestern's study, which analyses the relationship between economic growth and R&D in OECD countries, it is not likely to reach a conclusion proving that there is a relationship between R&D expenditures and economic growth. However, there is a positive relation between economic growth and the investments in industrial sectors in case of G-7 countries [26], [2].

Innovation has a positive effect on per capita outputs of both developed and developing countries. However, only the large market OECD countries are able to increase their innovation by investing in R&D and the remaining OECD countries seem to promote their innovation by using the know-how of other OECD countries [35]. R&D subsidies and R&D tax incentive are used by most OECD countries and an increasing number of emerging economies [36].

The positive impact of innovative activities on firm is limited to the fastest growing firms, while for the others it often plays a negative role, that for those firms that R&D does not lead to a successful new product or process, it is simply a very large cost [29].

The analysis of the efficiency of R&D investment concludes that in the longer run, investment in capital goods is more efficient in achieving higher economic growth [37]. An economy with a larger stock of human capital will experience faster growth [38].

Because of the different results related to causal relationship between R&D expenditure and economic growth, several governments increases their policy commitment to innovation with significant impacts on levels of R&D expenditures of their countries [39]. It is important to reform the management and funding of public investment in science and research, as well as public support to innovative activity in the private sector.

## 2. Methodology

Economic growth is measured as GDP. Innovation is measured as Government expenditure for R&D in agriculture, fishery, and forestry. The annual secondary data of GDP and R&D government expenditure are collected from FAO [40], [41]. The stationary of each variable, GDP and R&D are tested by unit root test. The Granger's causality test is applied on analyses the causal relationship Wool. Analysis uses Eviews software.

The variables is set in natural logarithmic in order to satisfy the linear parameter condition. The following model is used :

$$\ln GDP_{it} = c + \alpha_1 \ln RND_{it} + U_{it} \dots \dots \dots \quad (1)$$

where GDP is GDP and RND is government expenditure for R&D. This model is used in previous research [29], [42], [6].

The following hypothesis for analyze the causal relationship:

a. GDP Granger cause RND  
 $H_0$ : There is no significant impact of GDP on RND.

$H_1$ : There is a significant impact of GDP on RND.

b. RD Granger cause GDP  
 $H_0$ : There is no significant impact of RND on GDP.

$H_1$ : There is a significant impact of RND on GDP.

## Result and Discussion

The GDP of Indonesia is tend to increase (Figure 1), the government expenditure for R&D is also increase (Figure 2), even the percentage is still below the average countries. The government expenditure on R&D is increase almost four times during 2006, compare to 2005.

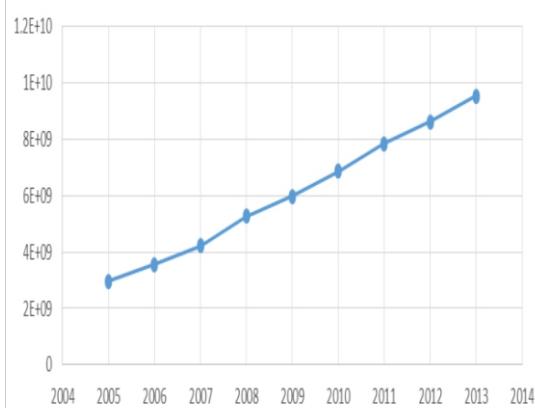


Figure 1. Annual GDP of Indonesia (Million Rupiah)

Source : Food and Agriculture Organization of The United nations [40]

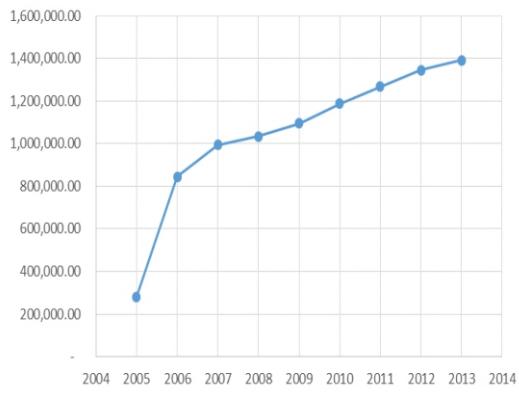


Figure 2. Annual Government R&D Expenditure of Indonesia (Million Rupiah)

Source : Food and Agriculture Organization of The United nations [41].

Variable RD is exponential, in order to satisfy the linear parameter condition as one prerequisite condition in linear regression method, the variables is converted in natural logarithmic (Figure 3)

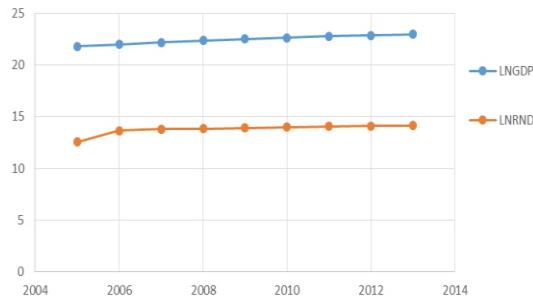


Figure 3. Ln GDP and Ln RND

The stationary of series included in the analysis is tested. In the process, ADF root test is applied on the level, using the Akaike Information Criteria (AIC). The basic hypothesis for the unit root test is that each variable has a unit root.

Table 1. LNGDP Unit Root Test

	t-Statistic	Probability
ADF test statistic	-3.451329	0.0421
Test critical values	1% level	-
	5% level	4.582648
	10% level	3.320969
	level	2.801384

ADF test statistic for LNGDP (-3.45) is below the ADF critical value on 5 % significant level (-3.32), the null hypothesis can be rejected, it means LNGDP has no unit root or stationary.

Table 2. LNRND Unit Root Test

	t-Statistic	Probability
ADF test statistic	-48.62525	0.0001
Test critical values	1% level	-
	5% level	5.835186
	10% level	4.246503
	level	3.590496

ADF test statistic for LNRND (-48.62) is below the ADF critical value on 5 % significant level (-4.24), the null hypothesis can be rejected, it means LNRND has no unit root or stationary.

A causal relationship test is applied in order to determine the direction of cause and effect relationship between series examined in the research. Granger causality test based on Vector Autoregression (VAR) model is applied using stationary LNGDP and LNRND series. In VAR model, the causal relationship considering the variables in the previous year. This analysis considering the second lag (t-2). Software Eviews estimates the causal relationship based on the following equation:

$$LNGDP_t = \alpha_0 + \alpha_1 LNGDP_{t-1} + \alpha_2 LNGDP_{t-2} + \beta_1 LNRND_{t-1} + \beta_2 LNRND_{t-2} + \varepsilon_t \quad \dots \dots \quad (2)$$

$$LNRND_t = \alpha_0 + \alpha_1 LNRND_{t-1} + \alpha_2 LNRND_{t-2} + \beta_1 LNGDP_{t-1} + \beta_2 LNGDP_{t-2} + \mu_t \quad \dots \dots \quad (3)$$

The Granger causality indicates that LNRND Granger's cause LNGDP, while LNGDP does not Granger's cause LNRND (Table 3). The null hypothesis that LNRND does not Granger cause LNGDP can be rejected on 10 % significant level because the probability is 0,0684 , less than 10%. The null hypothesis that LNGDP does not Granger Cause LNRND cannot be rejected as the probability is 0.1092.

Table 3. Granger Causality Test

Null Hypothesis	F-Statistic	Prob.
LNRND does not Granger Cause LNGDP	13.6265	0.0684
LNGDP does not Granger Cause LNRND	8.15447	0.1092

The following VAR models based on equation 2 and 3 is applied :

$$LNGDP_t = 2.543712 + 0.147829 LNGDP_{t-1} + 0.398960 LNGDP_{t-2} + 0.527563 LNRND_{t-1} + 0.037125 LNRND_{t-2} \quad \dots \dots \quad (5)$$

$$LNRND_t = 4.144854 + 0.203361 LNRND_{t-1} + 0.263321 LNRND_{t-2} + 0.082252 LNGDP_{t-1} + 0.263321 LNGDP_{t-2} \quad \dots \dots \quad (6)$$

Table 4. Vector Autoregression (VAR) Estimates

	LNGDP	LNRND
LNGDP(-1)	0.147829	0.082252
standar error	(0.16927)	(0.17032)
t-statistic	[ 0.87331]	[ 0.48294]

LNGDP(-2)	0.39896	0.263321
standar error	(0.17292)	(0.17399)
t-statistic	[ 2.30712]	[ 1.51343]
 LNRND(-1)	 0.527563	 0.203361
standar error	(0.22388)	(0.22526)
t-statistic	[ 2.35647]	[ 0.90280]
 LNRND(-2)	 0.037125	 -0.052704
standar error	(0.02135)	(0.02148)
t-statistic	[ 1.73906]	[ -2.45372]
 C	 2.543712	 4.144854
standar error	(1.26843)	-1.27624
t-statistic	[ 2.00540]	[ 3.24771]
 R-squared	 0.999567	 0.997851
F-statistic	1153.755	232.2076
Akaike AIC	-6.118065	-6.105797
Akaike AIC		-12.4013

In order to observe the stability of VAR model it is necessary to check the roots of characteristic polynomial. If all of the roots in polynomial function is within the circle or its absolute value is less than 1, it means that VAR model is stable. VAR model in this analysis is stable (Table 4) the absolute value of each variable is less than 1 (Table 5).

Table 5. Unit Root Test of VAR Model

Root	Modulus
0.88753	0.88753
-0.44915	0.449151
-0.043595 - 0.274536i	0.277976
-0.043595 + 0.274536i	0.277976

It can be concluded that government expenditure on research and development has significant and positive impact on economic growth. It is necessary to make policy and regulation more conducive to innovation. Government investment in science and research development can play an important role in development and other general-purpose technologies and in enabling further innovation.

### Conclusion

The Granger causality indicates that in Indonesia, government expenditure on R&D Granger cause economic growth on GDP, while GDP does not Granger cause R&D Government expenditure. Government expenditure on research and development

has significant and positive impact on economic growth.

### Referensi

- [1] Burcay Yasar Akcali and Elcin Sismanoglu, "Innovation and the effect of research and development (R&D) expenditure on growth in some developing and developed countries", *Social and Behavioral Science* 195, 768-775 (2015)
- [2] Kadir Tuna, Emir Kayacan, and Hakan Bektas, "The relationship between research & development expenditure and economic growth : the case of Turkey", *Social and Behavioral Science* 195, 501-507 (2015)
- [3] The worlbank, <http://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>, accessed 20 November 2016
- [4] Paul S. Segerstrom, "Innovation, imitation and economic growth" *Econometrics and Economic Theory Paper* 8818, 1-38, 1990
- [5] Phillip LeBel , "The role of creative innovation in economic growth: Some international comparisons", *Journal of Asian Economics* 631, 1-14 (2008)
- [6] Erdil Sahin B, "The relationship between R&D expenditures and economic growth: panel data analysis 1990-2013", *EY International Congress on Economics II "Growth, Inequality and Poverty"* November 5-6, 2015, Ankara Turkey, pp. 1-18
- [7] Lynn K. Mytelka and Keith Smith, " Innovation theory and innovation policy: bridging the gap", Paper presented to DRUID Conference, Aalborg, June 12-15 2001, UNU/INTECH1 Keizer Karelplein 19 6211 Maastricht, The Netherlands, pp. 1-22
- [8] Poh Kam Wong, Yuen Ping Ho, and Erkko Autio, "Entrepreneurship, innovation and economic growth: evidence from GEM data", *Small Business Economics* 24, 335-350 (2005)
- [9] Hi Nongfu and Zhang Shiyun, " Impacts of R&D expenditure on economic growth and structure based on Beijing dynamic CGE model", unpublished
- [10] Ioan Radu Petriaru, Robert Bumbac, and Radu Ciobanu, "Innovation: a path to competitiveness and economic growth. The case of CEE countries", *Theoretical and Applied Economics* Vol.XX no.5(582), 15-26, 2013

- [11] Erik Brouwer a and Alfred Kleinknecht, "Measuring the unmeasurable: a country's non-R&D expenditure on product and service innovation", *Research Policy* 25, 1235-1242, 1997
- [12] Wulong Gu, Berouk Terefe, and Weimin Wang, "The impact of R&D capitalization on GDP and productivity growth in Canada" *Economic Insight* 16, 1-2 (2012)
- [13] Jan Cadil and Ludmila Petkovova, "Human capital, R&D and growth-some empirical findings, *The 8<sup>th</sup> International Day of Statistics and Economics*, 11-13 September 2014, Prague, 308-315
- [14] Charles I. Jones and John C. Williams, "Too much of a good thing? The Economics of Investment in R&D" *Journal of Economic Growth* 5, 65–85 (2000)
- [15] Greg Linden, Jason Dedrick, and Kenneth L. Kraemer, "Innovation and job creation in a global economy: the case of Apple's iPod" *Journal of International Commerce and Economics*, 223-240
- [16] Andreea Maria Pece, Olivera Ecaterina Oros Simona, Florina Salisteianu, "An empirical analysis for CEE countries" *Procedia Economics and Finance* 26, 461 – 467 (2015)
- [17] Gheorghe Zaman and Zizi Goschin, "Technical change as exogenous or endogenous factor in the production function models. Empirical evidence from Romania", *Romanian Journal of Economic Forecasting* 2, 29-45 (2010)
- [18] Nathan Rosenberg, "Innovation and Economic Growth", OECD Publisher, 2004
- [19] Julian M. Alston, Philip P. Gardey, and Johannes Roseboom, "Financing agricultural research: international investment patterns and policy perspectives", *World Development* 26 (6), 1057-1071 (1998)
- [20] Ariza,C., Rugeles, L., Saavedra, D., and Guaitero, B., "Measuring innovation in agricultural firms; a methodological approach", *The electronic Journal of Knowledge* 11(3), 185-198 (2013)
- [21] Martin Falk, "R&D spending in the high-tech sector and economic growth" *Research in Economics* 61, 140–147 (2007)
- [22] Bernard Nnamdi Emenyeonu, "Communication and adoption of agricultural innovations: quantifications and notes towards a conceptual model", *Africa Media Review* 1(2). 105 – 119 (1987)
- [23] Qin Fei and Rajah Rasiah, "Electricity consumption, technological innovation, economic growth and energy prices: Does energy export dependency and development levels matter?", *Energy Procedia* 61, 1142 – 1145 (2014)
- [24] Selcuk Akcay, "Causality relationship between total R&D investment and economic growth: evidence from United States", *The Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences* 16, (1), 79-92 (2011)
- [25] Jonathan Haskel and Gavin Wallis, "Public support for innovation, intangible investment, and productivity growth in the UK market sector", *Economic Letters* 119, 195-198 (2013)
- [26] Kevin Sylvester, "R&D and economic growth", *Knowledge, Technology, & Policy*, 13(4), 71-84 (2001)
- [27] Murat Cetin, "The hypothesis of innovation based economic growth: a causal relationship", *International Journal of Economic and Administrative Studies* 6 (11), 1-16 (2013)
- [28] Ebru Beyza Bayarcelik and Fulya Tasel, "Research and development: source of economic growth" *Social and Behavioral Sciences* 58, 744 – 753 (2012)
- [29] Erdal Gumus and Ferdi Celikay, "R&D expenditure and economic growth: new empirical evidence", *The Journal of Applied Economic Research* 9 (3), 205–217 (2015)
- [30] Cigdem Borke Tunali, "The effect of research and development spending on economic growth in OECD Countries", *Journal of Administrative Sciences* 14(27), 59-79 (2016)
- [31] Ari Kokko, Patrik Gustavsson Tingvall, and Josefin Videnord, "The growth effects of R&D spending in the EU: a meta-analysis", *Economics Discussion Paper no. 2015-29*, 1-20 (2015)
- [32] Maury Gittleman and Edward N, "R&D activity and cross-country growth comparisons" *Cambridge Journal of Economics* 19, 189-207 (1995)
- [33] Dongyeol Lee, "Role of R&D in the productivity growth of Korean industries: technology gap and business cycle", *Journal of Asian Economics* 45, 31-45 (2016)
- [34] Pelin Demirel and Mariana Mazzucato, "Survey of the literature on innovation and economic performance", *FINNOV*, 1-23 (2009)

- [35] Hulya Ulku, "R&D, innovation, and economic growth: an empirical analysis", *IMF Working Paper*, 1-37 (2004)
- [36] Dirk Czarnitzki and Otto Toivanen, "Innovation policy and economic growth", *European Econoy Economic Papers* 482 ,1-40, (2013)
- [37] Zuzana Kristkova, "Impact of R&D investment on economic growth of the Czech Republic – a recursively dynamic CGE approach", *Prague Economic paper* 4, 412-433 (2012)
- [38] Paul M Romer, "Endogenous technological change", *The Journal of Political Economy* 98 (5), Part 2, S71-S102 (1990)
- [39] Argentino Pessoa, "R&D and economic growth: how strong is the link?", *Economic Letters* 107, 152-154 (2010)
- [40] Food and Agriculture Organization of The United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/IG>, accessed 10 November 2016
- [41] Food and Agriculture Organization of The United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/MK>, accessed 10 November 2016
- [42] Alireza Poorfaraj, Ahmad Jafari Samimi, and Hadi Keshavarz, "Knowledge and economic growth: evidence from some developing countries ", *Journal of Education and Vocational Research* 1(1), 21-25, 2011
- [43] Jeffrey M. Wooldridge, "Introductory Econometrics 4<sup>th</sup> edition", South Western Cengage Learning, 6<sup>th</sup> printed, Canada, 2009, pp. 645-655

# PEMBUATAN DAN PENGUJIAN KAPASITOR DARI PEMANFAATAN LOGAM BEKAS BAHAN ALUMINIUM DAN KUNINGAN

Mohamad Marhaendra Ali, Deny Suryana

Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya

Email : ali\_industri@yahoo.com, denysuryana.81@gmail.com

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

## ABSTRAK

Beberapa komponen elektronika seperti kapasitor selalu digunakan pada beberapa peralatan listrik rumah tangga sehingga kebutuhannya sangat besar. Di Indonesia untuk memenuhi beberapa komponen elektronika tersebut masih mengimpor dari negara lain. Secara umum kapasitor terdiri dari dua elektroda yang terbuat dari konduktor dan bahan dielektrik yang berada di antara kedua elektroda itu. Dalam pembuatan kapasitor ini selain menggunakan aluminium juga menggunakan kuningan sebagai komposisinya. Pada bahan plat aluminium memiliki nilai kapasitansi paling besar yaitu  $25,91 \mu\text{F}$  sedangkan plat kuningan memiliki nilai kapasitansi  $6,14 \mu\text{F}$  dengan menggunakan nilai Resistansi yaitu  $1\text{K}\Omega$ , nilai tegangannya yaitu 7 volt dan panjang plat 65 cm. Penambahan panjang plat dapat menngkatkan nilai kapasitansi kapasitor. Pada panjang plat 78 cm maka nilai kapasitansi kapasitor bahan plat aluminium sebesar  $29,53 \mu\text{F}$  sedangkan plat kuningan  $11,73 \mu\text{F}$ . Perekayasaan dan pembuatan komponen kapasitor dari logam bekas bahan aluminium dan kuningan sebagai substitusi komponen import nantinya diharapkan berguna bagi masyarakat dan industri.

Kata kunci: Kapasitor, nilai kapasitansi, charge discharge, plat aluminium, plat kuningan

## ABSTRACT

*Some electronic components such as capacitors always used in some electrical household appliances that need is great. In Indonesia to fulfill of some electronic components are still imported from other countries. Generally a capacitor consists of two electrodes made of conductor and dielectric material located between the two electrodes. In the manufacture of capacitors besides using aluminium also using brass in addition to using the former also used the former as its composition. On the aluminum plate material has the greatest capacitance value is  $25,91 \mu\text{F}$  while brass plate has a capacitance value is  $6,14 \mu\text{F}$  with using resistance value is  $1\text{K}\Omega$ , Voltage value is 6 volt and length plate is 65 cm. Addition length of aluminum plate can increase the capacitor capacitance value. The length of plate is 78 cm then the capacitor capacitance value of aluminum plate material is  $29,53 \mu\text{F}$  while the brass plate is  $11,73 \mu\text{F}$ . Engineering and manufacturing of capacitor components from scrap metals of aluminum and brass materials as the substitution of imported components is expected useful for the public and industry. Engineering and manufacture of electronic components capacitors originating from scrap metal materials of aluminum and brass as substitution of imported components is expected useful for the public and industry.*

*Keyword :Capacitors, capacitance value, charge discharge, aluminum plate, brass plate*

## Pendahuluan

Pesatnya kemajuan industri teknologi informasi dan komunikasi selain berdampak positif juga berimplikasi negatif dengan lahirnya sampah atau limbah jenis baru yang dikenal dengan sampah elektronik atau electronic waste (e-waste). Sampah elektronik didefinisikan sebagai peralatan listrik dan elektronik yang telah rusak dan tidak dipakai lagi oleh pemiliknya. dapat juga didefinisikan sebagai komputer dibuang, peralatan elektronik kantor, perangkat hiburan elektronik, ponsel, televisi dan lemari es . Sampah elektronik (e-waste) adalah limbah yang berasal dari peralatan elektronik yang telah rusak, bekas dan tidak dipakai lagi oleh pemiliknya. Sampah elektronik merupakan jenis limbah yang pertumbuhannya paling tinggi tiap tahunnya Dalam setiap sampah elektronik

terkandung material dan logam berharga disamping juga mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dapat menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan jika sampah elektronik tidak dikelola dengan baik. Karena sifatnya tersebut, terjadi banyak kasus pengiriman sampah elektronik dari negara maju ke negara berkembang. Di sisi lain, dampak besar peralatan listrik dan elektronik terhadap sumber daya berharga logam tidak boleh diabaikan. Sebuah misalnya ponsel dapat mengandung lebih dari 40 unsur termasuk logam dasar (tembaga (Cu), timah (Sn), dan lainnya), logam khusus (cobalt (Co), indium (Dalam), antimon (Sb), dan lainnya), dan logam mulia (perak (Ag), emas (Au), paladium (Pd)). Selama 10 tahun terakhir jumlah barang elektronik, seperti televisi, lemari pendingin, dan komputer di Indonesia mengalami peningkatan

yang cukup drastis dan mengakibatkan limbah elektronik juga terus meningkat. Beberapa komponen peralatan listrik dan elektronik bekas maupun limbahnya (e-waste) membutuhkan pengelolaan yang memenuhi syarat, karena mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) [1]. Penelitian dan pengembangan dalam bidang elektronika khususnya komponen elektronika masih terus dikembangkan sampai saat ini. Kemajuan dalam teknologi fabrikasi divais dan teknologi pengujian sangat mendukung terhadap perkembangan teknologi semikonduktor ini. Pengembangan teknologi di Indonesia ini masih terkendala oleh terbatasnya biaya riset yang tersedia. Indonesia merupakan sebuah negara yang kaya akan sumber daya alamnya tetapi pemanfaatannya masih belum optimal. Hal ini kurang menguntungkan bagi Indonesia karena untuk memenuhi kebutuhan beberapa komponen elektronika masih mengimpor dari negara lain. Kapasitor, termistor, resistor dan beberapa lainnya termasuk salah satu komponen yang masih diimpor. Oleh karena itu dalam penelitian dilakukan suatu perekayasaan dan pembuatan komponen elektronika yang berasal dari logam bekas aluminium dan kuningan untuk menghasilkan suatu komponen elektronika yang murah dan teruji kualitasnya. Beberapa komponen elektronika seperti kapasitor selalu digunakan pada beberapa peralatan listrik rumah tangga sehingga kebutuhannya sangat besar.

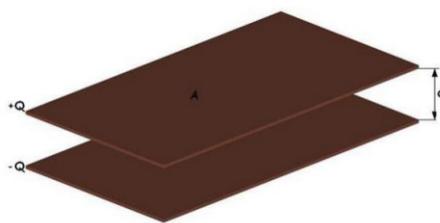
Kapasitor pada umumnya digunakan pada rangkaian elektronika. Selain itu kapasitor merupakan salah satu piranti elektronika yang penting dalam dunia elektronika. Jika melihat fakta, tidak ada elektronika yang dirangkai tanpa menggunakan kapasitor. meskipun secara fisik kapasitor tidak dipakai dalam suatu peralatan elektronika, tetapi sifat kapasitas tetap hadir pada piranti-piranti yang lain, baik itu pada resistor, dioda, ataupun transistor. Oleh sebab itu jika kita ingin menguasai teknologi modern yang selalu berkaitan dengan elektronika maka pemahaman akan kapasitas perlu dikuasai dan ditingkatkan . Secara umum kapasitor terdiri dari dua elektroda yang terbuat dari konduktor, dan bahan dielektrik yang berada di antara kedua elektroda itu. Untuk mempelajari sifat kapasitor tersebut diperlukan model ideal yang sederhana. Di dalam model ini bahan dielektrik dianggap bersifat isolator ideal, yakni tidak memiliki daya hantar listrik sama sekali. Dalam istilah ilmiahnya konduktivitas listrik suatu isolator ideal sama dengan nol. Muatan listrik tidak dapat menyeberangi bahan isolator ini [2]. Seiring dengan berkembang pesatnya industri elektronika, maka perkembangan kapasitor juga tumbuh dengan cepat, Banyak industri di dunia yang mengembangkan kapasitor sehingga dari

tahun ke tahun kapasitor yang dibuat semakin kecil dalam hal ukuran namun semakin besar kapasitas dan kemampuannya. Super-kapasitor dan ultra-kapasitor disiapkan untuk mengantikan penggunaan baterai dalam kendaraan dengan penggerak listrik [3]. Mengingat aluminium dan kuningan mempunyai sifat tahan korosi, ringan dan mudah didapat sehingga memungkinkan untuk dijadikan bahan baku sebagai elektroda yang terbuat dari konduktor dalam pembuatan kapasitor. Hasil dari penelitian ini bisa dijadikan sebagai referensi tentang pembuatan kapasitor dengan memanfaatkan limbah logam bekas menjadi material kapasitor.

## Teori

Kapasitor adalah komponen elektronika yang digunakan untuk menyimpan muatan listrik dalam jangka waktu tertentu. Seperti sebuah baterai, kapasitor juga digunakan untuk menyimpan energi listrik hanya saja proses penyimpanan energi listrik pada kapasitor berbeda dengan proses penyimpanan energi listrik pada baterai. Di dalam kapasitor juga terdapat 2 buah terminal sama seperti baterai. Di dalam baterai terjadi reaksi kimia yang akan menyebabkan salah satu terminal menghasilkan elektron dan terminal yang lainnya menyerap elektron , sehingga terjadilah aliran muatan listrik. Sebuah kapasitor jauh lebih sederhana dibandingkan dengan baterai, kapasitor tidak menghasilkan elektron, tetapi kapasitor menyimpan muatan listrik. Di dalam kapasitor terdiri dari 2 buah terminal atau sering disebut lempeng konduktor dan bahan dielektrik yang disisipkan di antara kedua lempeng konduktor. Dielektrik adalah bahan isolator yang dapat digunakan untuk meningkatkan kapasitas sebuah kapasitor. Kapasitor sederhana dapat dengan mudah dibuat dengan menggunakan 2 buah lempengan aluminium dan selembar kertas [4].

Sebuah kapasitor dalam kondisi tidak diisi muatan listrik, maka pada kedua lempeng konduktornya tidak akan ada muatan listrik. Selama proses pengisian kapasitor, sebuah muatan listrik dipindahkan dari satu konduktor ke konduktor lainnya dan memberikan muatan positif pada salah satu lempeng konduktor dan muatan negatif pada lempeng konduktor lainnya. Contoh sederhana sebuah kapasitor dapat dibuat dari 2 lempengan konduktor dengan luas permukaan yang sama (A), yang dipasangkan paralel satu dengan lainnya dan terpisah pada jarak d seperti pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Kapasitor sederhana

Melalui percobaan banyaknya muatan ( $Q$ ) yang disimpan dalam sebuah kapasitor besarnya linier dan proporsional terhadap beda tegangan pada kedua lempeng konduktor kapasitor atau secara matematis dapat dituliskan :

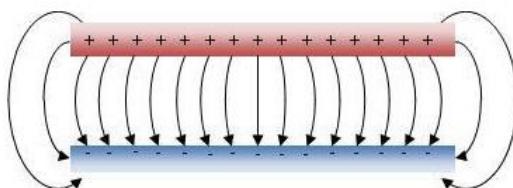
$$Q \approx \Delta V \quad (1)$$

$$Q = C \cdot \Delta V \quad (2)$$

Dimana :

$Q$  : muatan listrik (satuan Coulomb (C))  
 $C$  : kapasitas kapasitor (satuan Farrad (F))  
 $\Delta V$  : Beda tegangan listrik pada kedua lempeng konduktor (satuan Volt (V))

Bila ada 2 buah pelat konduktor dengan luas permukaan yang sama yaitu  $A$  yang dipisahkan pada jarak  $d$ , kemudian lempeng konduktor bagian atas diberi muatan  $+Q$  dan lempeng konduktor bagian bawah diberi muatan  $-Q$ , maka medan muatan pada 2 buah lempeng konduktor tersebut dapat digambarkan sebagai berikut [5]



Gambar 2. Medan Listrik pada 2 lempeng konduktor

Dalam keadaan murni, logam bukan besi (timah putih, tembaga, nikel, aluminium) memiliki sifat yang sangat baik, namun untuk meningkatkan kekuatannya diperlukan tambahan logam sebagai unsur panduan. Ciri-ciri logam bukan besi adalah :

1. Daya tahan terhadap korosi yang tinggi
2. Daya hantar listrik yang baik
3. Mudah untuk dibentuk

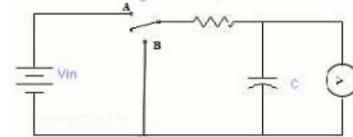
Kebanyakan logam bukan besi tahan terhadap korosi (air atau kelembapan), misalnya : zat magnesium, tahan terhadap korosi dalam lingkungan udara bebas, akan tetapi di dalam air laut, ketahanan terhadap korosinya dibawah ketahanan baja biasa. Secara umum dapat dikatakan, bahwa makin berat suatu logam

bukan besi, maka makin baik daya tahan terhadap korosi dan salah satu sifat atau ciri khas logam bukan besi asalah: berat jenisnya, oleh karena itu dibawah ini dapat dilihat tabel yang menunjukkan berat jenis dan titik cair logam.

Tabel 1. Berat jenis dan titik cair logam

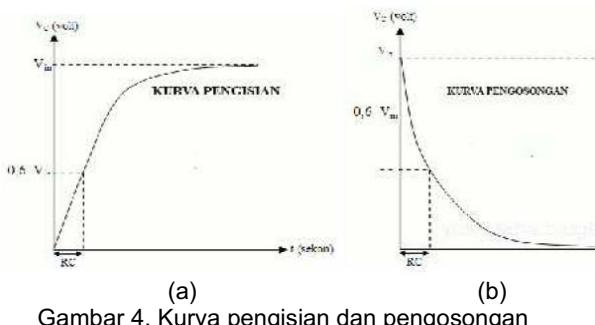
Logam	Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Titik cair (°C)
Aluminium	2643	660
Tembaga	8906	1080
Kuningan	8570	-
Perunggu	8314	-
Timah hitam	11309	325
Magnesium	1746	650
Nikel	8730	1450
Seng	7144	785
Timah putih	7208	232
Titanium	4517	1800

Pengecualian pada aluminium, pada permukannya terbentuk suatu lapisan oksida yang dapat melindungi logam aluminium tersebut dari korosi. Pada umumnya, logam non-besi mempunyai daya hantar listrik lebih baik dibandingkan dengan besi, sebagai contoh : tembaga mempunyai daya hantar listrik 5,3 kali lebih baik dibandingkan dengan besi, sedangkan aluminium 3,2 kali lebih baik [6]. Dalam gambar 3 tampak sebuah kapasitor yang dihubungkan seri dengan resistor dan dihubungkan pada sebuah sumber dc melalui sebuah sakelar. Pada saat sakelar dalam keadaan short, secara kontinyu kapasitor terisi muatan melalui resistor  $R$  hingga tegangannya sebesar  $E$  volt. Tegangan kapasitor saat diisi muatan listrik tampak seperti dalam gambar 4. Waktu yang diperlukan untuk mengisi kapasitor dari keadaan kosong hingga 60 maksimum, yang dalam hal ini 60 dari  $E$  atau  $0,6 E$ , dikenal sebagai konstanta waktu (*time-constant*) rangkaian tersebut.



Gambar 3. Rangkaian RC

Bila kita perhatikan lagi gambar 3 apabila sekarang rangkaian dalam keadaan open, kapasitor tetap akan menyimpan energi dengan tegangan yang tetap sebesar  $E$  volt. Apabila sakelar dihubungkan dengan ground maka membuang muatan melalui  $R$ . Secara bertahap tegangan kapasitor akan menuju nol sebagaimana terlihat pada gambar 4 [7].



Gambar 4. Kurva pengisian dan pengosongan

Konstanta waktu pada pengisian dan pengosongan kapasitor C melalui R selalu sama, yaitu sebesar :

$$T = C \times R \quad (3)$$

Dengan :

T = Konstanta Waktu ( s )

R = Resistansi (  $\Omega$  )

C = Kapasitansi ( F )

### Bahan dan Metode

Prinsipnya adalah substisi bahan penyusun kapasitor yang terdiri dari plat konduktor berupa aluminium dan kuningan serta bahan dielektrik berupa kertas. Substitusi dilakukan pada pengganti bahan dielektrik dengan sumber daya lokal dan perekat pada kemasan menggunakan limbah plastik. Pemilihan variabel dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel terhadap kualitas produk yang dihasilkan. Variabel yang dipilih antara lain :

1. Variabel tetap : jenis bahan konduktor dan bahan dielektrik
2. Variabel bebas : Nilai T (waktu) didapatkan dari proses *charge discharge* kapasitor, nilai kapasitansi ( $\mu\text{F}$ ) dari kapasitor yang dibuat dan luas bahan penyusun

Peralatan yang digunakan pada penulisan ini adalah :

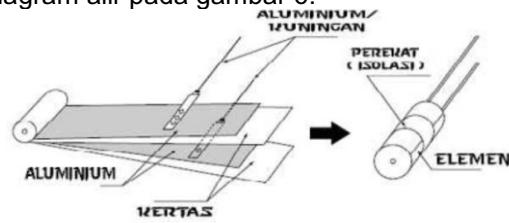
1. Capacitor Capacitance tester meter
2. Alat penggulung
3. Toolkit
4. Jangka sorong
5. Avo meter
6. Oscilloscope
7. Catu daya
8. Resistor
9. Project board

Bahan-bahan yang digunakan :

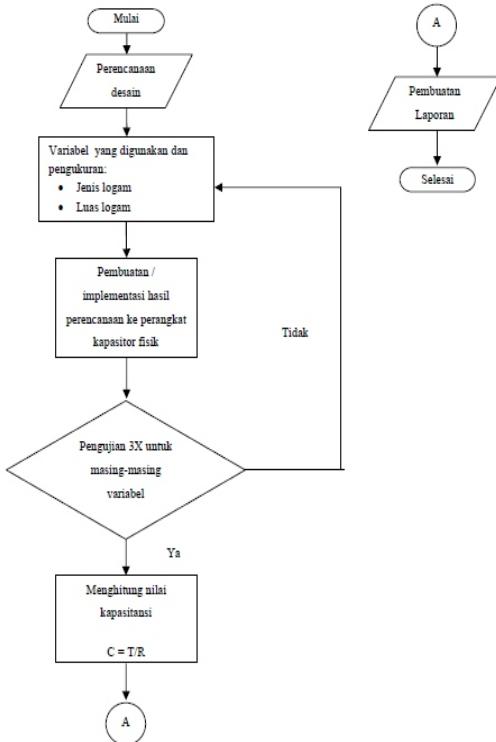
1. Aluminium bekas
2. Kuningan
3. Kertas
4. Minyak
5. Silinder rumah kapasitor

Perancangan pembuatan kapasitor disusun sesuai komposisi pada gambar 5. Untuk mendapatkan nilai kapasitansi kapasitor yang

telah dibuat berdasarkan variabel tetap dan variabel bebas yang telah ditentuka seperti diagram alir pada gambar 6.

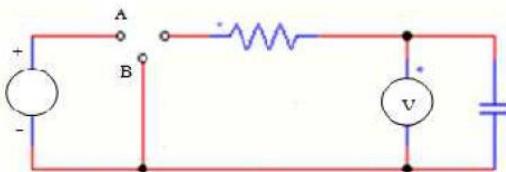


Gambar 5. Perancangan pembuatan kapasitor



Gambar 6. Diagram alir pengujian nilai kapasitansi kapasitor

Setelah kapasitor hasil desain dan buatan sendiri telah jadi, maka untuk pengujian karakteristiknya, yaitu nilai kapasitansinya maka kapasitor tersebut disusun secara seri dengan resistor. Berikut gambar rangkaianannya:



Gambar 7. Rangkaian RC

Nilai T didapatkan dari proses *charge discharge* kapasitor. Siapkan stopwatch untuk mengetahui waktu yang ditempuh kapasitor saat proses *charge discharge*. Nyalakan stopwatch bersamaan dengan saklar switch pada posisi A.

Tekan *stop* pada *stopwatch* ketika tegangan sudah dalam keadaan steady atau sama dengan tegangan inputnya ( $V_{in}$ ) yang ditandai dengan jarum pada avo meter analog berhenti. Sedangkan untuk proses discharge, pindahkan posisi *switch* pada posisi B. Bersamaan dengan itu, nyalakan *stopwatch* hingga jarum avo meter analog menunjukkan angka 0. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali hingga didapatkan nilai rata-ratanya. Setelah diperoleh nilai  $T$  rata-ratanya maka dapat dihitung nilai kapasitansinya menggunakan persamaan 3 yaitu  $T = C \times R$ .

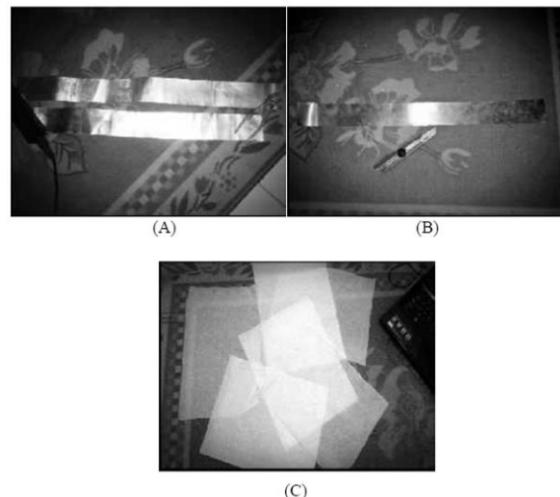
### Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini akan menguraikan secara rinci pengujian karakteristik kapasitor untuk berbagai jenis bahan logam dan dielektrik bekas yang akan disajikan dengan data yang didapat untuk mendukung penulisan hasil dan pembahasannya. Seperti pada umumnya, kapasitor terdiri dari dua buah pelat material konduktif yang dipisahkan oleh lapisan dielektrik. Sebelum tahap pembuatan, bongkar terlebih dahulu kapasitor yang sudah ada, kemudian amati bahan penyusun kapasitor dan ukur berapa panjang dan lebar pelat material konduktif sejajar tersebut sehingga didapatkan luasannya. Begitu juga ketebalan dari plat tersebut. Bahan yang digunakan untuk pelat sejajarnya adalah aluminium dan kuningan bekas karena mengacu pada bahan pelat sejajar yang sebelumnya yaitu menggunakan aluminium dan kuningan yang tipis. Komposisi kapasitor yang dibuat seperti tabel 1 dibawah ini.

Tabel 2. Data komposisi bahan yang digunakan

No	Bahan konduktor	Bahan dielektrik	Panjang (cm)	Lebar (cm)
1	Aluminium - aluminium	Kertas	65	6
2	Aluminium - kuningan	Kertas	65	6
3	Kuningan - kuningan	Kertas	65	6

Sedangkan bahan yang digunakan sebagai dielektriknya adalah kertas bekas. Hal itu mengacu pada bahan dielektrik aslinya yaitu kertas tipis yang bisa menyerap minyak. Ketebalan dari kertas yang digunakan adalah sekitar 0,1mm. Pada gambar dibawah ini memperlihatkan bahan – bahan penyusun kapasitor yang akan dibuat.



Gambar 8. Aluminium bekas setelah dipotong dan sudah dirempelas (A), bahan kuningan (B), kertas yang digunakan sebagai bahan dielektrik (C)

Antar plat tidak boleh saling bersentuhan sehingga ukuran kertas yang sebagai dielektrik ukurannya harus lebih panjang dan lebar dari plat plat yang digunakan. Kemudian pasangkan timah atau bisa juga tembaga pada masing-masing plat sejajarnya. Gulung serapat mungkin tumpukan pelat sejajar dan kertas hingga membentuk silinder dimana posisi pelat berada pada bagian bawah dan kertas berada pada posisi atas, beri perekat agar gulungan tersebut tidak terlepas. Bentuk perancangan kapasitor yang dibuat seperti gambar 9.



Gambar 9. Gulungan kapasitor dari berbagai bahan. KK = kuningan-kuningan, AK = aluminium-kuningan, AA = aluminium-aluminium

Kapasitor dilakukan percobaan dengan merangkai kapasitor gulungan sendiri dirangkai seri dengan resistor seperti pada gambar 7. Berikut tabel hasil pengukuran waktu pada saat proses *charge discharge* kapasitor yang didapat. Untuk bahan konduktor yaitu aluminium-aluminium didapatkan waktu *charge* dan *discharge* yang ditunjukkan tabel berikut ini :

Tabel 3. Data pengukuran waktu kapasitor dengan konduktor aluminium – aluminium

No	V <sub>dc</sub> (Volt)	R (Ω)	T (s)	
			Charge	Discharge
1	7,0	1000	23,32	30,68
2	7,0	1000	20,53	28,72
3	7,0	1000	24,40	27,82
Rata - rata			22,75	29,07
			25,91	

Untuk pengujian kapasitor dengan bahan aluminium-aluminium yang dirangkai seri dengan resistor 1000 Ω dan diberi tegangan 7,0 Volt DC diperoleh T rata-rata = 25,91 s. Setelah diperoleh nilai T maka dapat dihitung nilai kapasitansinya yaitu :

$$T = C \times R ;$$

$$C = \frac{25,91}{1000}$$

$$= 0,02591 \text{ F} = 25,91 \mu\text{F}$$

Sedangkan dari bahan lainnya yaitu aluminium-kuningan didapatkan waktu charge dan discharge yang ditunjukkan tabel berikut ini :

Tabel 4. Data pengukuran waktu kapasitor dengan konduktor aluminium – kuningan

No	V <sub>dc</sub> (Volt)	R (Ω)	T (s)	
			Charge	Discharge
1	7,0	1000	13,1	15,81
2	7,0	1000	11,08	17,94
3	7,0	1000	10,84	9,91
Rata – rata			11,67	14,55
			13,11	

$$T = C \times R ;$$

$$C = \frac{13,11}{1000}$$

$$= 0,01311 \text{ F} = 13,11 \mu\text{F}$$

Dan kapasitor yang terakhir dengan bahan platnya kuningan-kuningan didapatkan waktu charge dan discharge yang ditunjukkan tabel berikut ini :

Tabel 5. Data pengukuran waktu kapasitor dengan konduktor aluminium – kuningan

No	V <sub>dc</sub> (Volt)	R (Ω)	T (s)	
			Charge	Discharge
1	7,0	1000	7,62	5,33
2	7,0	1000	6,54	6,58
3	7,0	1000	5,36	5,44
Rata – rata			6,50	5,78
			6,14	

$$T = C \times R ;$$

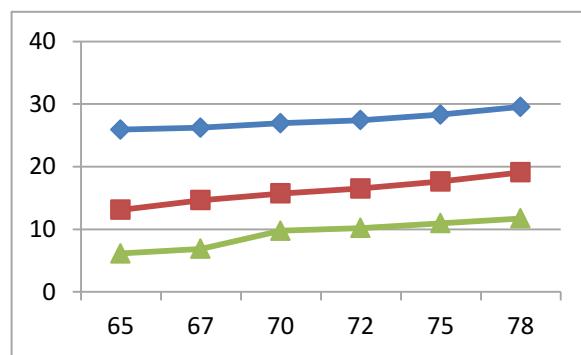
$$C = \frac{6,14}{1000}$$

$$= 0,00614 \text{ F} = 6,14 \mu\text{F}$$

Penambahan luas penampang dengan komposisi plat yang sama dan jenis bahan dielektrik yang sama dapat meningkatkan nilai kapasitansi seperti ditunjukkan pada tabel 6 dibawah ini

Tabel 6. Data pengukuran dengan penambahan panjang plat konduktor

No	Bahan	Panjang (cm)	Lebar (cm)	T rata-rata (s)	C (μF)
1	Aluminium - aluminium	67	6	26,22	26,22
		70	6	26,94	26,94
		72	6	27,43	27,43
		75	6	28,32	28,32
		78	6	29,53	29,53
2	Aluminium - kuningan	67	6	14,65	14,65
		70	6	15,71	15,71
		72	6	16,52	16,52
		75	6	17,63	17,63
		78	6	19,08	19,08
3	Kuningan - kuningan	67	6	6,88	6,88
		70	6	9,76	9,76
		72	6	10,21	10,21
		75	6	10,98	10,98
		78	6	11,73	11,73



Grafik 1. Penambahan panjang konduktor terhadap nilai kapasitansi kapasitor yang dibuat

### Kesimpulan

Kapasitor dengan bahan plat Aluminium-Aluminium merupakan kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi yang paling besar dari komposisi kapasitor yang dibuat yaitu 25,91 μF dengan ukuran luas penampang plat yang sama dan jenis bahan dielektrik yang sama. Setiap penambahan panjang plat (p1) yang awalnya 65 cm menjadi 78 cm, nilai kapasitansi kapasitor semakin naik, yaitu 25,91 μF menjadi 29,53 μF.

### Daftar Pustaka

- [1]. Leonardo, Sampah Elektronik (e-Waste) di Indonesia, [wordpress.com](http://wordpress.com) [diakses November 5, 2014]

- [2]. Sambas dan Aceng, *Analisis Pengisian dan Pengosongan Kapasitor Dengan Metode Regresi Linier*, Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Sunan Gung Djati Bandung, 2011
- [3]. Drs. Bisman P,M.Eng.Sc, *Rancangan Kapasitansi Meter Digital*, Sumatera Utara: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Fisika Universitas Sumatera Utara, 2003.
- [4]. Budiyanto, J, *Fisika Untuk SMA/MA kelas XII*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional, 97-105, 2010
- [5]. Djukarno, ayo kupas tuntas kapasitor, wordpress.com [diakses 6 Maret 2012]
- [6]. Manuntun Manurung dan Irma Fitria Ayuningtyas. 2010. *Jurnal Kimia 4 : Kandungan Aluminium Dalam Kaleng Bekas Dan Pemanfaatannya Dalam Pembuatan Tawas*. Bali, Bukit Jimbaran: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, 2010
- [7]. KF IBRAHIM, *Kapasitor dan rangkaian RC*, Listrik Dinamik, Fisika Dasar II bab 5, 1986

# **Peningkatan Nilai Ekonomi dan Penerapan Strategi Pemasaran Berbasis IT Limbah Buah Pala Di Pekon Tanjung Anom, Kecamatan Kota Agung Timur, Kabupaten Tanggamus**

*Increasing Economic Value and Implementing Marketing Strategy Base on Information Technology of Nutmeg Waste In Pekon Tanjung Anom, Kota Agung Timur District, Tanggamus Regency*

Muhammad Saputra<sup>1</sup>, Cahyani Pratisti<sup>1</sup>

Jurusmanajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, ibi Darmajaya

muhammadsaputradarmajaya@yahoo.co.id; cahyanipratisti@darmajaya.ac.id

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

## **ABSTRAK**

Peningkatan nilai ekonomi dan penerapan strategi pemasaran berbasis IT saat ini sangat penting guna menyongsong era industry kreatif yang sangat membutuhkan inovasi-inovasi dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang tersedia secara terpadu sehingga memiliki manfaat bagi masyarakat sekitar. Penelitian ini dilakukan di Pekon Tanjung Anom, Kecamatan Kota Agung Timur, Kabupaten Tanggamus dengan menggunakan metode deskriptif. Tujuan Penelitian ini memanfaatkan limbah buah pala yaitu kulit dan daging dari buah pala yang terbuang. Saat ini masyarakat hanya mendapatkan keuntungan dengan menjual biji dari buah pala yang tumbuh di pekon Tanjung Anom. Limbah kulit dan daging dari buah pala diolah menjadi aneka produk oleh-oleh yang memiliki nilai ekonomi kemudian dipasarkan menggunakan media internet, dan hasil dari penjualan produk olahan limbah buah pala dapat menjadi pendapatan tambahan masyarakat di Pekon Tanjung Anom.

Kata kunci : Nilai Ekonomi, Strategi Pemasaran, Buah Pala

## **ABSTRACT**

Nowaday, increasing economic value and implementing marketing strategy base on Technology Information is very important in order to welcoming creative industry era that desperately needs innovations by utilizing integrated natural resources so that it has benefits for the surrounding communities. This research was conducted in Pekon Tanjung Anom, Kota Agung Timur District, Tanggamus Regency used descriptive method. The purpose of this study which utilizes waste nutmeg skin and flesh. At present, the communities only get advantage from selling the seed of nutmeg are grown in pekon Tanjung Anom. The Skin and flesh of nutmeg waste processed into various products that have economic value and then marketed by internet. The proceeds from selling of refined nutmeg waste products can be extra income for communities.

Keywords: Economic Value, Marketing Strategy, Nutmeg

## **Pendahuluan**

Sumber daya alam (SDA) adalah segala sesuatu yang ada di alam yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia, yang tergolong didalamnya tidak hanya komponen biotik maupun komponen abiotik. Pada umumnya, sumber daya alam berdasarkan sifatnya digolongkan menjadi sumber daya alam yang dapat diperbarui dan sumber daya alam tidak dapat diperbarui.<sup>(1)</sup>

Pemanfaatan sumber daya alam harus dilakukan secara terpadu dengan menjalankan

prinsip menjaga produktifitas dan memperhatikan kelestarian lingkungan. Peningkatan nilai ekonomi suatu produk yang dihasilkan dari sumber daya alam mutlak perlu dilakukan, dengan menciptakan nilai tambah (Value Added) yang berdampak langsung terhadap pemasaran dan penjualan. Saat ini penggunaan IT untuk pemasaran dan penjualan produk dalam beberapa tahun terakhir berkembang dengan pesatnya<sup>(2)</sup>. Adanya media internet proses pemasaran dan penjualan produk dapat dilakukan kapan saja tanpa terikat ruang dan waktu<sup>(3)</sup>.

Pemanfaatan sumber daya alam dengan melakukan peningkatan nilai ekonomi serta penerapan strategi pemasaran berbasis IT sangat penting guna menyongsong era industri kreatif yang sangat membutuhkan inovasi-inovasi dengan memanfaatkan sumber daya alam secara terpadu sehingga memiliki manfaat bagi masyarakat sekitar.

Nilai Ekonomi adalah keseluruhan barang dan jasa yang dihasilkan suatu objek dengan memberikan manfaat berupa pendapatan<sup>(4)</sup>. Salah satu cara meningkatkan nilai ekonomi suatu produk adalah dengan melakukan sebuah Inovasi. Inovasi diartikan sebagai implementasi praktis dari sebuah gagasan ke dalam produk atau proses baru. Inovasi bersumber dari individu, perusahaan, riset di universitas, maupun di laboratorium<sup>(5)</sup>.

Inovasi memiliki lima karakteristik yang dapat mempengaruhi keputusan terhadap pengadopsian, meliputi: Pertama keunggulan Relatif (*relative advantage*) adalah derajat dimana suatu inovasi dianggap lebih baik atau unggul dari yang pernah ada sebelumnya. Kedua Kompatibilitas (*compatibility*) adalah derajat dimana inovasi tersebut dianggap konsisten dengan nilai-nilai yang berlaku. Ketiga adalah pengalaman masa lalu. Keempat adalah kebutuhan pengadopsi. Kelima adalah kerumitan (*complexity*) dimana inovasi dianggap sebagai suatu yang sulit untuk dipahami dan digunakan<sup>(6)</sup>.

Pemasaran adalah proses perencanaan dan eksekusi dari kegiatan pembentukan konsep, penetapan harga, penetapan strategi promosi dan strategi distribusi dari ide-ide, produk dan jasa yang ditawarkan oleh suatu perusahaan untuk menciptakan suatu pertukaran yang memuaskan baik bagi pelanggan maupun perusahaan, sesuai dengan tujuan pemasaran yang telah ditetapkan<sup>(7)</sup>.

*E-marketing* (*electronic marketing*) merupakan suatu proses pemasaran yang menggunakan teknologi komunikasi elektronik, khususnya internet. Internet adalah jaringan fisik yang menhubungkan komputer-komputer di seluruh dunia, terdiri dari infrastruktur jaringan server dan jaringan komunikasi yang saling berhubungan sehingga dapat digunakan untuk menyimpan dan menyampaikan informasi. *E-marketing* merupakan bagian dari *e-business* (*electronic business*). Definisi *e-business* sendiri

merupakan segala kegiatan yang dapat mendukung keseluruhan proses bisnis perusahaan, yang dilakukan melalui media elektronik seperti *e-commerce*, *e-CRM* (*Customer Relationship Management*), *e-SCM* (*Supply Chain Management*), *e-procurement*, dan termasuk *e-marketing* di dalamnya<sup>(8)</sup>.

Kota Agung Timur merupakan sebuah kecamatan yang terletak di Kabupaten Tanggamus dengan luas wilayah 73,33 km atau 1,58% dari total luas kabupaten Tanggamus<sup>(9)</sup>. Kecamatan Kota Agung Timur terdiri dari beberapa pekon, yaitu: Batu Keramat, Kagungan, Kampung Baru, Karta, Menggala, Mulangmaya, Sukabanjar, Talangrejo, Tanjung Anom, Teba, dan Umbul Buah. Tanjung Anom merupakan salah satu pekon yang ada di kecamatan Kota Agung Timur yang memiliki potensi hasil perkebunan berupa buah pala.

Buah Pala atau yang dikenal dengan nama latin (*Myristica fragrans*) merupakan salah satu jenis rempah-rempah. Dalam setiap 100 g daging buah pala terkandung jumlah kalori (42 kal); protein (0,30 g); lemak (0,20 g); karbohidrat (10,90 g); kalsium (32 mg); fosfor (24 mg); besi (1,50 mg); vitamin A (29,50 IU); vitamin C (22 mg); dan air (88,10 g)<sup>(10)</sup>.

Buah pala memiliki banyak manfaat. Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa buah pala biasa digunakan sebagai obat diare, kembung, serta meningkatkan daya cerna, dan selera makan<sup>(11)</sup>. Buah Pala juga berkhasiat sebagai *korigensia*, *karminatif*, mengatasi kejang lambung, pegal linu, susah tidur, sariawan mulut<sup>(12)</sup>, serta menghilangkan rasa mual, karena memiliki sifat *antiemetik* yaitu senyawa kimia yang bermanfaat untuk mengatasi rasa mual<sup>(13)</sup>. Buah pala juga dapat diolah menjadi aneka produk makanan seperti: manisan buah pala, sirup buah pala dan selai buah pala.<sup>(14)</sup>

Saat ini masyarakat pekon Tanjung Anom Kecamatan Kota Agung Timur Kabupaten Tanggamus hanya memanfaatkan buah pala dengan mengambil biji buah pala untuk dijual, sedangkan kulit dan daging buahnya menjadi limbah yang tidak terpakai.

Pemanfaatan limbah buah pala dengan meningkatkan nilai ekonomi buah pala menjadi produk olahan seperti keripik buah pala, permen

buah pala, dan dodol buah pala berpeluang menjadi produk yang memiliki nilai jual tinggi.

Hasil olahan limbah buah pala tersebut dipasarkan menggunakan media sosial internet seperti Facebook, Instagram, Blackberry Masanger dan Twiter yang saat ini popular digunakan masyarakat. Tujuan Peningkatan nilai ekonomi dan pemanfaatan media IT sebagai sarana penjualan hasil olahan limbah buah pala diharapkan dapat menjadi pendapatan tambahan masyarakat Pekon Tanjung Anom Kecamatan Kota Agung Timur Kabupaten Tanggamus.

### Bahan dan metode

Penelitian ini dilakukan di Pekon Tanjung Anom Kecamatan Kota Agung Timur Kabupaten Tanggamus dengan metode deskriptif. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah buah pala berupa kulit dan daging buah pala yang didapat dari perkebunan warga Pekon Tanjung Anom. Limbah buah pala berupa kulit dan daging buah pala selanjutnya diproses menjadi aneka olahan produk berbahan dasar buah pala seperti: keripik buah pala, permen buah pala, dan dodol buah pala. Pemasaran produk olahan buah pala ini menggunakan media IT. Berikut prosedur pengolahan limbah buah pala menjadi produk keripik buah pala, permen buah pala, dodol buah pala dan pemasaran menggunakan media IT yang dilakukan.

Berikut prosedur pengolahan limbah buah pala menjadi produk keripik buah pala, permen buah pala, dan dodol buah pala:

#### 1. Pembuatan keripik buah pala

##### Bahan

- 2 kg daging buah pala
- 2 liter air
- 75 gr garam
- 150 gr gula pasir
- 1 liter minyak goreng
- air kapur sirih (untuk merendam)

##### Cara membuat

- 1.1 Ambil kulit dan daging buah pala yang telah pisahkan dari bijinya dan iris setebal 5 mm atau sesuai selera

- 1.2 Rendam daging buah pala yang telah diiris-iris kedalam air kapur sirih selama satu hari untuk menghilangkan lengket
- 1.3 Cuci bersih daging buah yang telah direndam air kapur kemudian keringkan
- 1.4 Campurkan irisan tersebut dengan garam dan gula untuk menghasilkan rasa gurih
- 1.5 Goreng irisan daging buah pala, jika buih semakin berkurang artinya sudah matang
- 1.6 Setelah matang angkat keripik dan tiriskan sampai minyak berkurang
- 1.7 Simpan keripik kedalam plastik kedap udara agar cita rasa tetap terjaga.

#### 2. Pembuatan permen buah pala

##### Bahan

- 1 kg daging buah pala
- 2 kg gula pasir
- 2 bungkus agar-agar
- air secukupnya

##### Cara membuat

- 2.1 Ambil kulit dan daging buah pala yang telah pisahkan dari bijinya
- 2.2 Potong kecil-kecil kulit dan daging buah pala kemudian blender hingga halus
- 2.3 Rebus agar-agar lalu panaskan air dalam wajan hingga mendidih kemudian tambahkan gula
- 2.4 Masukan buah pala yang telah halus kedalam rebusan agar-agar dan air gula, aduk-aduk hingga adonan mengental
- 2.5 Tuangkan adonan kedalam Loyang datar dengan tebalnya kira-kira 1 jari
- 2.6 Dinginkan kemudian potong-potong dengan pisau berombak, jemur sampai kering dan berkristal
- 2.7 Potong plastik bermotif sesuai ukuran kemudian bungkus permen buah pala dengan plastik.

#### 3. Pembuatan dodol buah pala

## Bahan

- 1 kg daging buah pala
- 1 kg tepung beras ketan
- 1 kg santan kelapa murni
- 1 kg gula pasir
- 1 kg gula Merah
- 1 bungkus agar-agar
- 1 sendok teh garam halus
- 1 sendok teh vanili bubuk

## Cara membuat :

- 3.1 Ambil kulit dan daging buah pala yang telah dipisahkan dari bijinya
- 3.2 Potong kecil-kecil daging buah pala kemudian blender hingga halus
- 3.3 Panaskan air serta masukan semua bahan ke dalam wajan, aduk hingga mengental
- 3.4 Tuang adonan tersebut kedalam loyang kemudian dinginkan
- 3.5 Potong-potong adonan dengan pisau sesuai ukuran yang diinginkan
- 3.6 Potong plastik bermotif sesuai ukuran kemudian bungkus dodol buah pala dengan plastik.

Selanjutnya akan dijabarkan prosedur strategi pemasaran produk olahan limbah buah pala : permen buah pala, dodol buah pala, keripik buah pala menggunakan IT dalam hal ini menggunakan media jejaring sosial sebagai berikut :

1. Membuat nama akun, bio, profil, logo, serta kemasan yang menarik
2. Membuat foto produk hasil olahan limbah buah pala yang terdiri dari 3 macam olahan yaitu permen buah pala, dodol buah pala, keripik buah pala dengan tema dan resolusi foto yang baik
3. Mengunggah foto ke jejaring sosial Facebook, Instagram, Blackberry Messenger dan Twitter
4. Menulis status dengan deskripsi atau *caption* yang menarik, serta harga dan manfaatnya untuk menarik minat konsumen

5. Memanfaatkan hastag, tag foto kepada calon pelanggan sebagai salah satu cara memasarkan produk melalui jejaring sosial
6. Menambah teman sebanyak banyaknya di akun jejaring sosial untuk memperluas jangkauan pasar yang berujung pada meningkatnya jumlah penjualan produk
7. Bergabung dengan grup-grup serupa di media sosial untuk saling mempromosikan.

Hasil olahan limbah buah dilakukan dengan mengetahui peningkatan nilai ekonomi dan pemasaran menggunakan media IT. Peningkatan nilai ekonomi dilakukan dengan melakukan gambaran analisis pendapatan masyarakat dengan menjual olahan limbah buah pala yaitu keripik buah pala, permen buah pala, dan dodol buah pala. Pemasaran menggunakan IT dengan melakukan gambaran distribusi pemasaran produk olahan limbah buah pala.

Peningkatan nilai ekonomi limbah buah pala menggunakan analisis biaya dan keuntungan ( $\Pi$ ) serta R/C rasio dengan rumus :

$$\Pi = TR - TC$$

dimana :

$\Pi$ = Keuntungan (Rp)/Profit (IDR)

TR =Total penerimaan adalah jumlah hasil olahan pala dikalikan dengan harga satuannya (Rp)

TC =Total biaya adalah penjumlahan biaya usaha pengolahan pala (Rp)

$$R/C = TR/TC$$

Dimana :

$R/C < 1$  = tidak menguntungkan/unprofitable

$R/C > 1$  = menguntungkan/profitable

## Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan proses pengolahan limbah daging dan kulit buah pala, dihasilkan produk yang memiliki nilai jual seperti permen buah pala, dodol buah pala, dan keripik buah pala. Produk-produk yang dihasilkan tersebut perlu dilakukan penentuan harga guna menghitung pengembalian biaya<sup>[15]</sup> yang telah

diinvestasikan serta memperoleh keuntungan<sup>(15)</sup>. Penentuan harga dilakukan dengan melakukan analisis biaya dan keuntungan. Berikut penentuan harga produk hasil olahan limbah buah pala serta analisis biaya dan keuntungan produk:

### 1. Keripik Buah Pala



**Gambar 1.** Keripik buah pala yang sudah dikemas

Perhitungan harga dan analisis keuntungan produk keripik buah pala diuraikan sebagai berikut:

**Tabel 1.** Analisis Keuntungan Keripik buah pala dengan Asumsi Pembuatan 2 kg

No	Uraian	Volume	Nilai (Rp)
1	Buah Pala	2 kg	0
2	Garam	50 gr	300
3	Gula	100 gr	1.500
4	Minyak Goreng	1 liter	11.000
5	Kapur Sirih	200 gr	1.000
6	Bahan Bakar Gas	1/2 kg	5.000
7	Plastik Kemasan	8 Lmbr 1/4 kg	4.000
	Jumlah Input		22.800
	Jumlah Output	8 Bungkus	40.000
	Keuntungan bersih		17.200
	R/C Rasio		1,75



**Gambar 2.** Permen buah pala yang sudah dikemas

Berikut dijabarkan penentuan harga dan analisis keuntungan produk permen buah pala:

**Tabel 2.** Analisis Keuntungan Permen Buah Pala dengan Asumsi Pembuatan 1 kg

No	Uraian	Volume	Nilai (Rp)
1	Buah Pala	1 kg	0
2	Gula	1 kg	12.000
3	Agar-Agar	2 bungkus	4.000
4	Bahan Bakar Gas	1/2 kg	5.000
5	Plastik Kemasan	4 lembar	4.000
	Jumlah Input		25.000
	Jumlah Output	4 bungkus ukuran ¼ kg	48.000
	Keuntungan bersih		23.000
	R/C Rasio		1,92

### 3. Dodol Buah Pala :



**Gambar 3.** Dodol buah pala yang sudah dikemas

Berikut penentuan harga dan analisis keuntungan produk dodol buah pala:

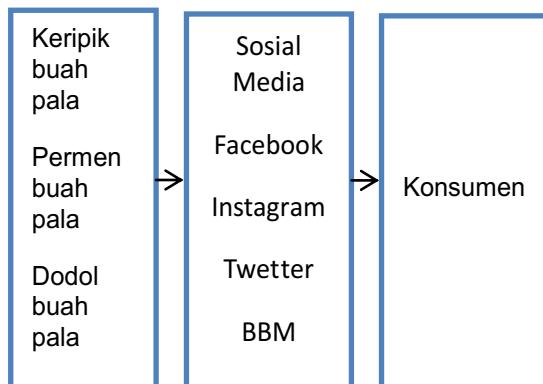
### 2. Permen Buah Pala

**Tabel 3.** Analisis Keuntungan Dodol Buah Pala dengan Asumsi Pembuatan 1 kg

No	Uraian	Volume	Nilai (Rp)
1	Buah Pala	1 kg	0
2	Tepung Beras	1 kg	8.000
3	Santan Kelapa	1 kg	7.000
4	Gula Pasir	1 kg	11.000
5	Gula Merah	½ kg	3.500
6	Agar-Agar	1 bungkus	2.000
7	Plastik Kemasan	4 lembar	4.000
8	Garam	100 gr	250
9	Vanili	100 gr	250
10	Bahan Bakar Gas	1 Kg	10.000
Jumlah Input			46.000
Jumlah Output		4 Bungkus Gulung Dodol	80.000
Keuntungan bersih			34.000
R/C Rasio			1,73

Pemasaran menggunakan IT dengan melakukan gambaran distribusi pemasaran produk olahan limbah buah pala.

**Gambar 4.** Bagan Distribusi Pemasaran



Hasil analisis keuntungan pengolahan limbah buah pala menunjukkan bahwa pengolahan limbah buah pala menjadi Keripik buah pala, permen buah pala, dan dodol buah pala memberikan nilai tambah berupa pendapatan. Hal tersebut dapat dilihat dengan R/C rasio rata-rata produk diatas 1. Pemasaran menggunakan IT dalam hal ini mempergunakan sosial media Sosial Facebook, Instagram, Twetter, Blacberry Messenger telah mempersingkat dan/atau mempermudah jalur distribusi produk untuk sampai ketangan konsumen serta memperluas pangsa pasar.

## Kesimpulan

Kulit dan daging buah pala yang dianggap tidak memiliki nilai ekonomi sehingga menjadi limbah, dalam penelitian ini diolah menjadi produk yang memiliki nilai jual. Produk olahan yang berasal dari limbah kulit dan daging buah pala dalam penelitian ini berupa keripik buah pala, permen buah pala, dan dodol buah pala. Penggunaan IT sebagai media pemasaran mempunyai peluang yang paling besar untuk dikembangkan pada skala usaha di kecamatan Tanjung Anom. Pengolahan limbah buah pala ini juga menjadi tambahan pendapatan keluarga karena hasil analisis ekonomi terhadap tiga jenis olahan yang diintroduksikan, semuanya layak untuk dikembangkan dengan nilai R/C ratio > 1. Tujuan akhir penelitian ini yaitu menjadikan pekon Tanjung Anom sebagai daerah pertama yang memproduksi limbah buah pala dengan model pemasaran berbasis IT.

## REFERENSI

- [1]. Manajemen Sumberdaya Alam. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) [diakses tanggal 21 November 2016]
- [2]. Jauhari, Jaidan. dan J, Supardi, 2010, Pengembangan Model Pemasaran dan Penjualan Produk Unggulan Usaha Kecil dan Menengah (UKM) Berbasis E-commerce, Laporan Penelitian Unggulan Kompetitif.
- [3]. Jinling, Chang et all, 2009, Modelling E-commerce Website Quality with Quality function Deployment, IEEE International Comperence on Deployment e–bussiness Engineering.
- [4]. IPB, 2001, Penilaian Sumber Daya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- [5]. Rogers, Everett, M, 1983, Diffusion of Innovation. New York: FreePress.
- [6]. Tjiptono, F, 2008, Strategi Pemasaran, Edisi Pertama,Yogyakarta: Andi.
- [7]. Mohammed, Rafi, Fisher, J. Robert, Jaworski, J. Bernard, Paddison, J. Gordon, 2003, Internet Marketing: Building Advantage in a Networked Economy, McGraw-Hill, United States of America.

- [8]. Chaffey, Dave et all, 2000, Internet Marketing: Strategy, Implementation, and Practice, Pearson Education Limited, England.
- [9]. BPS, 2016, Kabupaten Tanggamus dalam Angka,  
[https://tanggamuskab.bps.go.id/website/pdf\\_publikasi/Kabupaten-Tanggamus-Dalam-Angka-2016.pdf](https://tanggamuskab.bps.go.id/website/pdf_publikasi/Kabupaten-Tanggamus-Dalam-Angka-2016.pdf) [diakses tanggal 1 November 2016].
- [10]. Direktorat Gizi Departemen Kesehatan RI, 1981, Daftar Komposisi Bahan Makanan, Bharatara Karya Aksara, Jakarta, hal 38.
- [11]. Astawan, M, 2008, Pala, Mujarab Buat Perut,  
<http://health.kompas.com/read/2008/09/26/16233198/Pala.Mujarab.buat.Perut> [diakses tanggal 25 Maret 2013].
- [12]. Alegantina, S.D., Mutiatikum, 2009, Pengembangan dan Potensi Pala (*Myristica fragrans*). *Jurnal Kefarmasian Indonesia*. 1(2): 64-70 (2009).
- [13]. Cahyo, 2012, Khasiat Buah Pala Bagi Kesehatan.<http://bagi.me/2012/12/khasiat-buah-pala-bagi-kesehatan/> [diakses tanggal 18 November 2016].
- [14]. Ratna W. A, AB., Firdausi, dan R. Asnawi, 2015, Potensi Pengolahan Daging Buah Pala Menjadi Aneka Produk Olahan Bernilai Ekonomi Tinggi. *Bul. Littro* 26 (2), 165 - 174 (2015).
- [15]. Gayatri, W, 2013, Penentuan Harga Jual Produk dengan Metode *Cost Plus Pricing* pada PT. Pertani (Persero) Cabang Sulawesi Utara, *Jurnal EMBA*. 1 (4): 1817 – 1823 (2013).

# PEMBUATAN SEMEN RAMAH LINGKUNGAN (GEOPOLYMER) BERBAHAN BAKU MINERAL INDUSTRI BASALT ASAL LAMPUNG

Muhammad Amin<sup>1</sup>, Anisa Kurniasih<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Penelitian Mineral Lampung-LIPI

Jl.Ir.Sutami Km.15 Tanjung Bintang Lampung Selatan.Telp.0721.350055

e-mail: [muha047@lipi.go.id](mailto:muha047@lipi.go.id). HP. 081369140316

<sup>2</sup>Politeknik Kesehatan Jurusan Kesehatan Lingkungan Kemenkes Tanjung Karang

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

## ABSTRAK

Seiring dengan semakin meningkatnya permintaan semen maka semakin meningkat pula tingkat pencemaran lingkungan dikarenakan pada proses pembuatan semen akan melepas gas Carbon Dioksida ( $CO_2$ ) yang lepas ke atmosfer. Semen Geopolimer merupakan salah satu pengganti semen yang tidak ramah lingkungan dengan cara melakukan sintesis bahan yang banyak mengandung silikat-aluminat. Berdasarkan analisa XRF mineral basalt merupakan salah satu material pozolan karena kandungan silika dan alumina sangat tinggi yakni 56,15%  $SiO_2$ , 17,37%  $Al_2O_3$ , 8,25%  $CaO$  dan 4,62%  $Fe_2O_3$ . Mineral basalt disintesis menjadi geopolimer menggunakan larutan pengaktif NaOH yang bervariasi 2,5%, 3,9%, 6% dan 8% dengan penambahan sodium silikat sebanyak 9,75 % dan dicuring pada suhu 60°C, 80°C, dan 100°C selama 5 jam. Karakterisasi semen geopolimer berbahan baku mineral basalt menunjukkan kuat tekan yang optimum pada penambahan NaOH 6% sebesar 435 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 60°C, 589 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 80°C, dan 598 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 100°C, nilai porositas semakin kecil seiring penambahan NaOH dan suhu curing dengan nilai optimum porositas pada penambahan NaOH 6% sebesar 9,82% pada suhu 60°C, 9,46% pada suhu 80°C, dan 7,30 pada suhu 100°C dan pada penambahan NaOH 8 % porositas naik kembali menjadi sebesar 13,10% pada suhu 60°C, 12,08% pada suhu 80°C, dan 10,18 pada suhu 100°C. Nilai kuat tekan semen geopolimer berbahan baku mineral basalt lebih tinggi dibandingkan dengan semen konvensional standar yaitu sebesar 324 kg/cm<sup>2</sup> dan porositas sebesar 21,28%. Mineral basalt dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan semen geopolimer dan layak untuk dikembangkan sebagai semen ramah lingkungan.

Kata kunci: semen, geopolimer, basalt, silikat, aluminat

## ABSTRACT

*Along with the increasing demand for cement then also increase the level of environmental pollution due to the cement manufacturing process will release gases Carbon Dioxide ( $CO_2$ ) that is released into the atmosphere. Geopolymer cement is a cement substitute that is not environmentally friendly by way of synthesizing materials that contain a lot of silicate-aluminate. Based on the XRF analyzer is one of the basalt mineral material pozolan because the content of silica and alumina is very high, 56.15%  $SiO_2$ , 17.37%  $Al_2O_3$ , 8.25%  $CaO$  and 4.62%  $Fe_2O_3$ . Mineral basalt into geopolimer synthesized using an activator solution of NaOH varied 2.5%, 3.9%, 6% and 8% with the addition of sodium silicate as much as 9.75% and dicuring at 60 ° C, 80 ° C and 100 ° C for 5 hours. Characterization of cement geopolymer raw material mineral basalt shows the compressive strength of the optimum addition of NaOH 6% amounting to 435 kg / cm<sup>2</sup> at 60 ° C, 589 kg / cm<sup>2</sup> at a temperature of 80 ° C, and 598 kg / cm<sup>2</sup> at 100 ° C, porosity smaller as the addition of NaOH and curing temperature with optimum porosity value in the addition of 6% NaOH 9.82% at 60 ° C, 9.46% at a temperature of 80 ° C, and 7.30 at 100 ° C and the addition of NaOH 8% porosity climbed back into amounting to 13.10 % at 60 ° C, 12.08% at a temperature of 80 ° C, and 10.18 at a temperature of 100oC. The compressive strength of geopolymer cement raw material mineral basalt higher than conventional cement standard that is equal to 324 kg / cm<sup>2</sup> and a porosity of 21.28%. Mineral basalt can be used as raw material for cement manufacture geopolimer and deserves to be developed as an environmentally friendly cement.*

*Keywords:* cement, geopolimer, basalt, silicate, aluminate

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara berkembang yang banyak melakukan pembangunan fisik diseluruh sektor, dalam pembangunan dibutuhkan beberapa bahan bangunan, semen, agregat, dan pasir. Semen merupakan bahan baku yang sangat dibutuhkan dalam pembangunan karena berfungsi sebagai perekat yang mampu mengikat bahan-bahan lain untuk menjadi kompak dan kuat. Dalam proses pembuatan semen terdapat dua teknologi yaitu, teknologi basah (*wet proses*) yaitu proses pembuatan semen dengan penambahan air pada proses penggilingan dan pencampuran, dan teknologi kedua adalah proses kering (*dry proses*) yaitu proses pembuatan semen yang pada proses penggilingan dan pencampuran tanpa penambahan air. Selanjutnya bahan baku dilakukan proses pembakaran pada tungku rotari kiln pada suhu 1400°C[1].

Pada proses pembakaran ditungku *rotary kiln*bahan bakar yang digunakan adalah batubara dan akan menghasilkan gas buang terutama gas sulfida dan gas CO<sub>2</sub>, begitu juga saat pembakaran bahan baku ditungku rotary kiln batu kapur akan melepaskan gas CO<sub>2</sub> berdasarkan reaksi  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  gas yang hampir 50 % dilepaskan ke udara[2] untuk memproduksi semen sebanyak 1 ton gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>)yang dihasilkan dan terbuang juga sebesar 1 ton, gas ini dilepaskan ke atmosfer kita dengan bebas dan kemudian merusak lingkungan hidup kita diantaranya menyebabkan pemanasan global[3]

Untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> akibat pembuatan semen portland dan mengatasi efek buruk yang merusak lingkungan serta dalam upaya memperbaiki problem durabilitas pada material beton yang menggunakan semen, sudah saatnya perlu dilakukan perubahan akan ketergantungan pada semen portland, maka diperlukan material lainnya sebagai pengganti. Semen geopolimer adalah salah satu semen hasil temuan dan dipopulerkan oleh Prof. Joseph Davidovits, semen geopolimer merupakan sintesa dari bahan alam non organik lewat proses polimerisasi. Bahan baku utama yang diperlukan untuk pembuatan semen geopolimer adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika (SiO<sub>2</sub>) dan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), salah satu bahan baku yang banyak mengandung unsur silika dan alumina adalah batu basalt yang komposisinya SiO<sub>2</sub> = 40 – 55% dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 12 – 17%[4]

Berdasarkan data yang berasal dari Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM pada tahun 2011 bahwa sumber daya mineral Non Logam batuan basalt di Indonesia berjumlah 5.571.251,56 ribu ton dan menurut sumber yang berasal dari Dinas Pertambangan dan Energi Lampung sejumlah cadangan batu basalt yang tersebar di daerah berjumlah 318.480.000 ton[5], jumlah cadangan yang begitu banyak selama ini hanya dipergunakan sebagai pondasi untuk pembangunan rumah seharusnya dengan mengoptimalkan mineral basalt maka nilai ekonominya akan bertambah, untuk alasan ini maka perlu dilakukan penelitian mengenai mineral basalt sebagai bahan baku utama pada pembuatan semen *geopolimer* agar mineral basalt mempunyai nilai tambah ekonomi lebih baik.

Indonesia merupakan negara berkembang yang banyak melakukan pembangunan fisik diseluruh sektor, dalam pembangunan dibutuhkan beberapa bahan bangunan, semen, agregat, dan pasir. Semen merupakan bahan baku yang sangat dibutuhkan dalam pembangunan karena berfungsi sebagai perekat yang mampu mengikat bahan-bahan lain untuk menjadi kompak dan kuat. Dalam proses pembuatan semen terdapat dua teknologi yaitu, teknologi basah (*wet proses*) yaitu proses pembuatan semen dengan penambahan air pada proses penggilingan dan pencampuran, dan teknologi kedua adalah proses kering (*dry proses*) yaitu proses pembuatan semen yang pada proses penggilingan dan pencampuran tanpa penambahan air. Selanjutnya bahan baku dilakukan proses pembakaran pada tungku rotari kiln pada suhu 1400°C[1].

Pada proses pembakaran ditungku *rotary kiln*bahan bakar yang digunakan adalah batubara dan akan menghasilkan gas buang terutama gas sulfida dan gas CO<sub>2</sub>, begitu juga saat pembakaran bahan baku ditungku rotary kiln batu kapur akan melepaskan gas CO<sub>2</sub> berdasarkan reaksi  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  gas yang hampir 50 % dilepaskan ke udara[2] untuk memproduksi semen sebanyak 1 ton gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>)yang dihasilkan dan terbuang juga sebesar 1 ton, gas ini dilepaskan ke atmosfer kita dengan bebas dan kemudian merusak lingkungan hidup kita diantaranya menyebabkan pemanasan global[3]

Untuk mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> akibat pembuatan semen portland dan mengatasi efek buruk yang merusak lingkungan serta dalam upaya memperbaiki problem durabilitas pada material beton yang menggunakan semen, sudah saatnya perlu dilakukan perubahan akan ketergantungan pada semen portland, maka

diperlukan material lainnya sebagai pengganti. Semen geopolimer adalah salah satu semen hasil temuan dan dipopulerkan oleh Prof. Joseph Davidovits tahun 1970, dengan objek penelitian struktur bangunan piramid, piramid terbuat dengan metode *re-aglomerasi* batuan atau dengan kata lain semen tersebut dibuat dengan mencampurkan metakaolin dengan larutan alkali, misalnya KOH, NaOH material baru tersebut dinamakan geopolimer[7] semen geopolimer merupakan sintesa dari bahan alam non organik lewat proses polimerisasi. Bahan baku utama yang diperlukan untuk pembuatan semen geopolimer adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), salah satu bahan baku yang banyak mengandung unsur silika dan alumina adalah batu basalt yang komposisi kimianya  $\text{SiO}_2 = 40 - 55\%$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 12 - 17\%$ [4]. Pembuatan semen geopolimer dengan menggunakan bahan abu terbang (fly ash) yang kaya silika dan alumina[8] dan dapat bereaksi dengan cairan alkali dan dilakukan pembuatan dengan dicetak bentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm dengan variasi curing time 4,8,12 dan 24 jam, berdasarkan penelitian bahwa semakin lama curing time maka semakin besar kuat tekan dengan optimum waktu 24 jam dengan nilai 27,462 MPa[9] abu terbang dengan larutan natrium silikat dan larutan dengan persentase masing-masing abu terbang 57-67 % dan natrium silikat 43-33% dengan perbandingan NaOH dengan air masing-masing NaOH 27%, silikat 8-10 % dan air 63%. Komposisi ini menghasilkan kuat tekan sebesar 4-46 MPa dengan suhu curing 28-150°C dengan waktu 4-24 jam[10]

Berdasarkan data yang berasal dari Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian ESDM pada tahun 2011 bahwa sumber daya mineral Non Logam batuan basalt di Indonesia berjumlah 5.571.251,56 ribu ton dan menurut sumber yang berasal dari Dinas Pertambangan dan Energi Lampung sejumlah cadangan batu basalt yang tersebar di daerah berjumlah 318.480.000 ton[5]

#### Perumusan Masalah

1. Persen penambahan NaOH, variabel ini akan digunakan untuk mengetahui makin besar % penambahan NaOH yang digunakan apakah makin tinggi nilai kuat tekan semen geopolimer
2. Suhu *curing*(pemanasan dan pengeringan), variabel ini untuk melihat pengaruh suhu pemanasan terhadap mutu semen geopolimer

#### Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan bahwa mineral basalt dapat digunakan sebagai bahan baku utama pada pembuatan semen geopolimer dan untuk mempelajari variabel-variabel yang berpengaruh pada kekuatan mutu semen geopolimer dengan metode pencetakan bentuk kubus 5 x 5 x 5 cm dengan umur pengujian 7 hari.

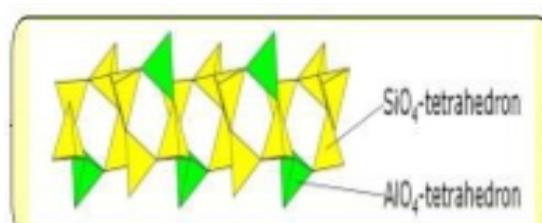
#### Teori

Kategori semen geopolimer terbagi menjadi 4 macam yaitu:

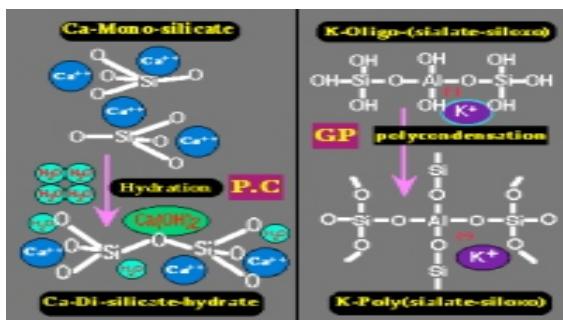
1. Semen geopolimer berbasis slag blasfurnace
2. Semen geopolimer berbasis mineral batuan dari vulkanik letusan gunung berapi
3. Semen geopolimer berbasis abu terbang batubara (*fly ash*)
4. Semen geopolimer berbasis mineral banyak mengandung besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )[11]

*Natrium silikat* atau *sodium silikat* atau *waterglass* yaitu garam yang larut dalam air dengan komposisi sodium meta silikat( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  atau  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), bentuk lain dari silikat adalah sesquisilikat( $3\text{Na}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_3$ ). Natrium silikat biasanya digunakan sebagai bahan detergent, mempunyai sifat pengemulsi dan dapat menambah kekuatan serta memiliki sifat *adhesive* yang baik. Bentuk padat dari natrium silikat terlihat seperti gelas dan larut dalam air panas, meleleh pada temperatur 1018°C. Bahan natrium silikat ini diperoleh dengan melelehkan pasir, batubara dan soda. Campuran dilarutkan dalam air dan dididihkan dalam waktu lama[12].

Batuan basalt disebut juga batuan beku, dengan komposisi mineral, *feldspart*, *pyroxene*, *olivine*, dan *megnetite*, bersifat keras, bertekstur mineral gelas vulkanik dan warna hitam abu-abu, kegunaan sebagai bahan baku industri poles, bahan pondasi dan sebagai agregat pada beton.[13].



Gambar 1. Ikatan Kimia Antara Partikel Silika dan Alumina



Sumber: Joseph Davidovits'mo lecular models

**Gambar 2.** Perbedaan Ikatan Struktur Kimia Antara Semen Portland dengan Semen Geopolimer.

### Ruang Lingkup Penelitian

Dikarenakan keterbatasan waktu serta sarana dan prasarana maka dalam penelitian ini dibatasi pokok batasan masalah hanya pada:

1. Mineral basalt hanya berasal dari Lampung Timur
2. Larutan Polimer yang dipakai hanya Sodium silikat dan larutan pengaktif sodium hidroksida
3. Suhu curing hanya 60,80, dan, 100°C dengan lama waktu 5 jam

### Hipotesis

Mineral basalt asal Lampung Timur Lampung dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan semen geopolimer dengan penambahan sodium silikat dan sodium hidroksida

### METODE PENELITIAN

#### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan Juni 2015 s/d Februari 2016 bertempat di Laboratorium Balai Penelitian Teknologi Mineral – LIPI Tanjung Bintang Lampung Selatan.

**Bahan yang digunakan:** mineral basalt, sodium silikat, sodium hidroxide dan air

**Alat yang digunakan:** cetakan terbuat dari besi dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm, pengaduk mixer, timbangan dan sendok semen, dan oven pengering.

**Sumber data:** data yang diperoleh dalam penelitian ini berasal dari data primer yang bersumber langsung dari hasil percobaan dalam penelitian dilapangan berupa uji fisik dari produk semen geopolimer dan hasil uji komposisi kimia bahan baku metode XRF serta karakteristik SEM dan XRD produk semen geopolimer.

#### Pengumpulan Data

Untuk mendapatkan data dan diolah maka diamati saat proses pembuatan dan pengujian yaitu

1. Uji Kuat Tekan, berupa test *strength* pada semen geopolimer dengan prinsip menekan semen geopolimer pada luas permukaan ( $\text{cm}^2$ ) tertentu dengan beban tertentu (kg).

Kuat Tekan  $\text{kg}/\text{cm}^2$ :

$$P = F/A \quad (1)$$

F= gaya tekan maksimum

A= luas permukaan sampel semen

2. Uji Porositas, berupa uji poros dari semen geopolimer dengan prinsip perendaman dalam air dengan waktu perendaman 24 jam.

Rumus Porositas (%):

$$\frac{W_3 - W_1}{W_3 - W_2} \times 100 \% \quad (2)$$

$W_1$ = berat kering  $W_2$ = berat dalam air

$W_3$ = berat setelah menyerap air

3. Uji Daya Serap, berupa uji poros dari semen geopolimer dengan prinsip perendaman dalam air dengan waktu perendaman 24 jam.

Rumus Daya Serap (%):

$$\frac{W_3 - W_1}{W_1} \times 100 \% \quad (3)$$

4. Uji Susut Bakar, berupa persen berat kehilangan benda uji sebelum dibakar dibandingkan dengan setelah dibakar pada suhu 1000°C

UjiSusut Bakar (%):

$$\frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \% \quad (4)$$

$W_1$  = Berat Sebelum dibakar

$W_2$  = Berat setelah dibakar

5. Uji Berat Jenis, berupa perbandingan antara berat dari satuan volume dari suatu material terhadap berat air dengan volume yang sama

Rumus Berat Jenis ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) =

$$m/v \quad (5)$$

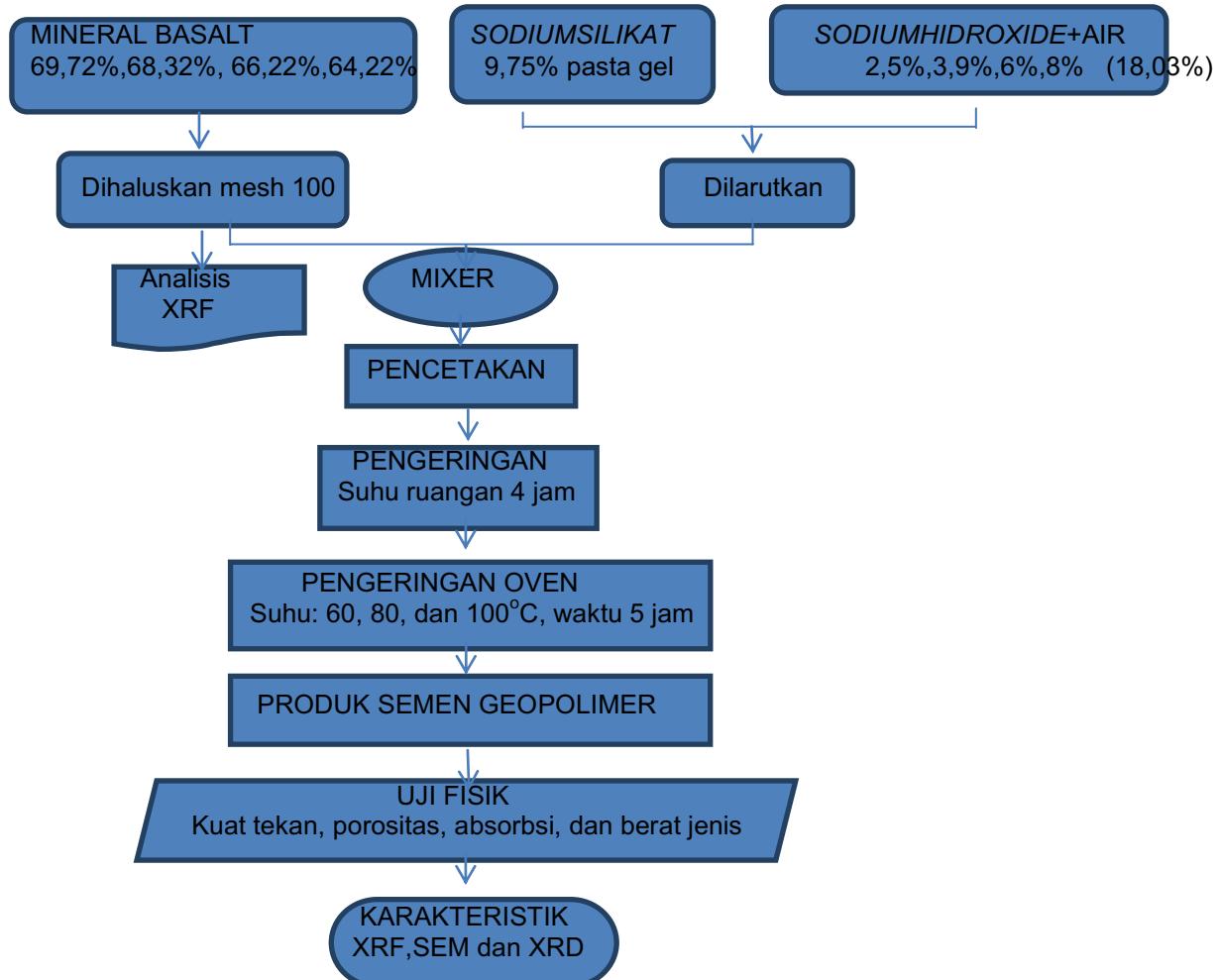
m = massa benda v = volume air

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode studi literatur dan metode eksperimen. Metode literatur digunakan untuk melihat referensi yang berkaitan dengan penelitian ini sedangkan metode eksperimen dilakukan dengan cara membuat semen geopolimer secara langsung dengan mencampurkan bahan baku utama berupa mineral basalt yang dihaluskan dengan ditambah sodium silikat yang berfungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi dan sodium hidroxide berfungsi sebagai pereaksi unsur-unsur Al dan Si yang terkandung didalam mineral basalt sehingga akan menghasilkan ikatan polimer yang kuat, komposisi bahan baku yang direncanakan sebanyak 4 komposisi dengan variasi penambahan sodium hidroxide

yang selanjutnya dicetak dalam bentuk kubus ukuran 5 x 5 x 5 cm sebagai spesimen contoh uji. Pengujian meliputi kuat tekan, uji porositas, daya serap, dan berat jenis lalu dibandingkan

dengan adukan standar semen + pasir sehingga dapat dilihat kekuatan mutu yang lebih baik antara semen konvensional dengan semen geopolimer.

Rancangan penelitian semen geopolimer dapat dilihat pada gambar *flow chart* dibawah ini.



**Gambar 3.** Flow Chart Pembuatan Semen Ramah Lingkungan Geopolimer

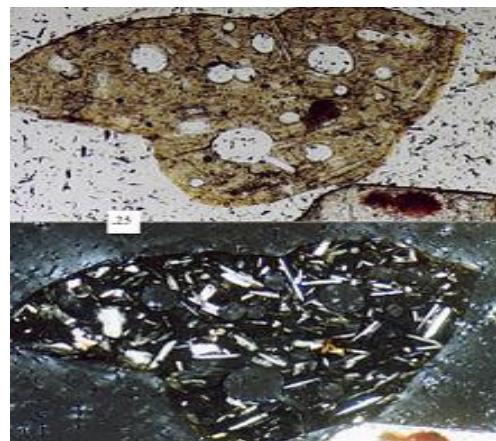
#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Hasil Karakteristik dan Pengujian



**Gambar 4.** Batuan Mineral Basalt

Gambar 4. Memperlihatkan mineral basalt yang berasal dari batuan beku letusan gunung berapi dan struktur batuan yang berpori akibat dari pelepasan gas belerang dan oksigen yang ada.



**Gambar 5.** Hasil Karakteristik SEM Mineral Basalt

Pada gambar 5 dari hasil karakteristik uji SEM terlihat bahwa struktur mikro dari mineral basalt tampak berbentuk bulat-bulat yang menandakan banyaknya rongga yang terkandung didalam batuan basalt dengan morfologi yang berkembang akan mengarah melebar dan akan membesar (gambar bagian atas), sedangkan gambar bagian bawah memperlihatkan bahwa batuan mineral basalt ketika mengalami suatu pemanasan maka akan mengalami perubahan struktur mikro menjadi berbentuk jarum-jarum kecil yang menandakan bahwa unsur-unsur silika yang terkandung dalam mineral basalt mengalami pelelehan dan mempersempit pori-pori menjadi lebih kecil yang disebabkan unsur belerang dan gas lain berupa oksigen mengalami penguapan sehingga akan memperkaya mineral silika dan alumina, dengan kaya akan silika dan alumina maka mineral basalt sangat baik untuk digunakan sebagai bahan baku semen geopolimer yang membuat ikatan menjadi lebih kuat.

#### Komposisi kimia batu mineral basalt

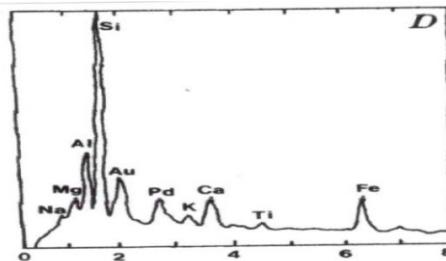
Pengujian komposisi kimia batu mineral basalt yang berasal dari Kabupaten Lampung Timur Provinsi Lampung dilakukan dengan metode XRF sesuai prosedur yang hasilnya disajikan pada tabel 2. Berikut:

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Mineral Basalt

NO.	SENYAWA OKSIDA	% HASIL ANALISA
1.	SiO <sub>2</sub>	56,15
2.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,37
3.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,62
4.	CaO	8,25
5.	MgO	6,90
6.	K <sub>2</sub> O	3,28
7.	TiO <sub>2</sub>	0,99
8.	MnO <sub>2</sub>	0,46

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa mineral basalt memiliki kandungan senyawa kimia yang

didominasi oleh oksida silika dan alumina yaitu sebesar SiO<sub>2</sub> = 56,15%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 17,37%, oleh karena itu mineral basalt merupakan bahan baku potensial untuk sintesis material geopolimer. Pada prinsipnya senyawa silika dan alumina merupakan komponen yang sangat penting didalam reaksi geopolimer yang akan membentuk senyawa oksida *alumino-silicate oxide* dengan alkali polisialates didalam larutan alkali lain dan akan menghasilkan ikatan polimer Si-O-Al. Reaksi yang terjadi sebagai berikut: Mn [-(Si-O<sub>2</sub>)z-Al-O]<sub>n</sub>.wH<sub>2</sub>O, karakteristik mineral basalt hasil XRF dapat dilihat pada gambar 6 dibawah. Dimana M adalah unsur alkali, z adalah 1,2 atau 3 dan n adalah tingkat polimerisasi. Selanjutnya alumino-silicate yang terbentuk digolongkan pada 3 kelompok, yang tergantung pada ratio SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada harga 1,2 atau 3 dan berdasarkan perhitungan mineral basalt mempunyai ratio SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada harga 3,2 dan berada diluar harga diatas, sehingga pada pembuatannya perlu penambahan bahan additif untuk membuat alumina dan silica lebih reaktif sehingga akan lebih cepat dalam pembentukan geopolimer.



**Gambar 6.** Hasil Karakteristik XRD mineral Basalt

Dari hasil karakteristik XRD mineral terlihat bahwa mineral basalt didominasi unsur silikat dan alumina yang merupakan unsur utama pembentukan sintesis geopolimer

#### Proses Sintesis bahan-bahan geopolimer

Untuk melakukan pembentukan semen geopolimer maka perlu dilakukan dekomposisi

dari semua material yang akan digunakan sebagai bahan baku pembentukan geopolimer dengan cara mengatur bahan perkusor dan aktivator alkali dan seluruh material pembentukan semen geopolimer di tentukan

dalam satuan persen seperti tersaji pada tabel 3 berikut:

**Tabel 3.** Komposisi Bahan Baku Percobaan Semen Geopolimer

BAHAN BAKU	% KOMPOSISI BAHAN BAKU			
	KOMPOSISI I	KOMPOSISI II	KOMPOSISI III	KOMPOSISI IV
Mineral Basalt	69,72	68,32	66,22	64,22
Sodium Hidroxide	2,5	3,9	6	8
Sodium Silikat	9,75	9,75	9,75	9,75
Air	18,03	18,03	18,03	18,03

Komposisi campuran material semen geopolimer diatas merupakan pengembangan dari rancangan penelitian ini sendiri dengan melihat hasil dari penelitian sebelumnya, yang diharapkan dapat memperoleh terutama nilai kuat tekan yang optimum pada material geopolimer berbahan baku utama basalt.

#### **Hasil pengujian fisik benda uji semen geopolimer**

Hasil pengujian dari semen geopolimer berdasarkan komposisi material yang digunakan dibuat dalam bentuk kubus dengan ukuran 5 x 5 x 5 cm dan dilakukan pengeringan dioven dengan variasi suhu curing 60, 80, dan 100°C,

selama 5 jam. Dilakukan uji fisik berupa uji kuat tekan, uji porositas, uji penyerapan air, uji susut bakar, dan uji berat jenis dengan hasil seperti yang tersaji pada tabel 4 berikut ini:

**Tabel 4.** Hasil Uji Fisik Semen Geopolimer dengan variasi NaOH dan Suhu Pemanasan

KODE CONTOH	HASIL PENGUJIAN SUHU 60°C			
	KUAT TEKAN (kg/cm <sup>2</sup> )	POROSITAS (%)	PENYERAPA N (%)	BERAT JENIS (gr/cm <sup>3</sup> )
Semen Standar	324	21,28	14,61	1,85
KOMPOSISI I	405	15,04	9,73	1,87
KOMPOSISI II	418	11,56	5,18	1,89
KOMPOSISI III	436	9,82	4,40	1,91
KOMPOSISI IV	425	13,10	8,62	1,86
HASIL PENGUJIAN SUHU 80°C				
KODE CONTOH	KUAT TEKAN (kg/cm <sup>2</sup> )	POROSITAS (%)	PENYERAPA N (%)	BERAT JENIS (gr/cm <sup>3</sup> )
Semen Standar	324	21,28	14,61	1,85
KOMPOSISI I	562	13,36	8,06	1,87
KOMPOSISI II	577	10,98	4,54	1,89
KOMPOSISI III	589	9,46	3,28	1,90
KOMPOSISI IV	571	12,08	5,96	1,85
HASIL PENGUJIAN SUHU 100°C				
KODE CONTOH	KUAT TEKAN (kg/cm <sup>2</sup> )	POROSITAS (%)	PENYERAPA N (%)	BERAT JENIS (gr/cm <sup>3</sup> )
Semen Standar	324	21,28	14,61	1,85
KOMPOSISI I	585	11,40	7,38	1,88
KOMPOSISI II	591	9,07	3,46	1,89
KOMPOSISI III	598	7,30	2,91	1,90
KOMPOSISI IV	576	10,18	4,84	1,86

## Pembahasan

### Nilai Kuat Tekan

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat pada uji kuat tekan sesuai dengan penambahan NaOH dari 2,5, 3,9 dan 6% maka semakin banyak jumlah penambahan NaOH maka semakin tinggi juga nilai kuat tekan akan tetapi pada saat penambahan sebanyak 8 % kuat tekan akan mengalami penurunan. Begitu juga dengan suhu curing terlihat semakin tinggi suhu curing maka semakin tinggi juga nilai kuat tekan.

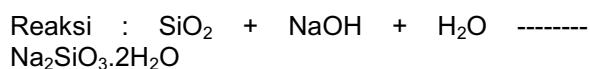
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa penambahan NaOH 2,5%, 3% dan 3,9% semakin meningkatkan nilai kuat tekan pada suhu curing 60°C berturut-turut sebesar 405 kg/cm<sup>2</sup>, 418kg/cm<sup>2</sup>, dan 436 kg/cm<sup>2</sup> kemudian turun kembali pada penambahan 6% menjadi 425 kg/cm<sup>2</sup>.

Begitu juga saat suhu curing dinaikkan menjadi 80°C dan 100°C, berturut-turut nilai kuat tekan adalah 562, 577, dan 589 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 80°C dan berturut-turut nilai kuat tekan sebesar 585, 591, 598 kg/cm<sup>2</sup>, kemudian turun kembali pada saat penambahan NaOH sebesar 6% menjadi 571 kg/cm<sup>2</sup> suhu 80°C dan 576 kg/cm<sup>2</sup> pada suhu 100°C.

Penurunan kuat tekan pada saat penambahan NaOH sebesar 6% pada semua suhu curing disebabkan NaOH berperan dalam pembentukan formasi zeolit, namun demikian peran dari sodium silikat dalam larutan aktivator juga ikut berperan dalam meningkatkan nilai kuat tekan karena akan mempercepat terjadinya reaksi pada proses polimerisasi. Beton yang sedikit mengandung sodium silikat dalam larutan NaOH pekat tidak dapat mencapai nilai kuat tekan yang optimum. Larutan aktivator juga sangat berperan dalam proses workabilitas semen pada saat pencetakan menyebabkan semen tidak padat begitu juga dengan larutan yang terlalu pekat akibat konsentrasi NaOH atau jumlah Sodium silikat dapat menurunkan kuat tekan karena kesulitan pada saat pengadukan dan pencetakan. Nilai kuat tekan dari semua variasi suhu ataupun variasi penambahan NaOH nilai kuat tekan masih diatas dari nilai kuat tekan semen standar yaitu sebesar 324 kg/cm<sup>2</sup>. Dengan demikian penambahan NaOH dengan konsentrasi optimum 3,9% akan meningkatkan nilai kuat tekan begitu juga suhu curing ikut berperan meningkatkan nilai kuat tekan karena semakin tinggi suhu curing maka butiran-butiran air yang terkandung didalam semen geopolimer akan menguap dengan menguapnya air yang ada maka akan memperkecil porositas. Semen geopolimer yang diproduksi menggunakan geopolimer akan mengikat dengan kadar alkali

tinggi NaOH akan membentuk gel *polysilicoxo-aluminate* akan mengeras akibat proses kristalisasi dan akan membuat kuat tekan pada semen akan meningkat.

Proses aktivasi bahan baku basalt berupa silika-alumina dengan menggunakan aktivator larutan alkali silikat, akan membentuk senyawa plastis dan keramik sehingga semerahkan mengeras. Proses pengerasan semen geopolimer berbeda dengan pengerasan semen konvensional biasa, kalau proses pengerasan semen geopolimer merupakan reaksi *polikondensasi* yang bersifat *endotermis* oleh karena itu laju pengerasan dapat ditingkatkan dengan melakukan proses curing bertingkat sedangkan proses pengeringan semen konvensional adalah proses bersifat hidrasi yang bersifat *eksotermis*.



### Nilai Porositas

Pengujian nilai porositas bertujuan untuk mengetahui besarnya pori terbuka dan pori tertutup yang ada didalam matriks semen tersebut. Pori terbuka adalah pori yang dapat ditembus oleh air atau udara sedangkan pori tertutup adalah pori yang tidak dapat ditembus.

Semakin besar penambahan NaOH maka jumlah pori semakin sedikit, hal ini dipengaruhi oleh kekentalan yang dimiliki larutan NaOH dalam setiap campuran komposisi. Kepekatan larutan atau kekentalan larutan NaOH berhubungan dengan semakin berkurangnya atau semakin sedikitnya jumlah air yang digunakan pada larutan. Pada saat proses curing air yang ada pada semen geopolimer akan menguap sehingga pori yang tadinya terisi oleh air akan menjadi kosong dan semakin tinggi suhu curing maka akan menambah kering semen geopolimer dan akan menjadi suatu ikatan yang merapat dan akan menutup pori kosong tadi.

Pada tabel 4 diatas terlihat bahwa semen geopolimer yang menggunakan NaOH sebesar 3,9 % pada titik optimum lebih sedikit dibandingkan larutan NaOH 2,5% dan 3,9% dengan kata lain bahwa semen geopolimer dengan NaOH 3,9% lebih pekat dibandingkan dengan NaOH 2,5% dan 3,9% yang berarti pula jumlah air yang berada dalam semen geopolimer jumlahnya semakin sedikit. Berdasarkan tabel 4 diatas terlihat bahwa ada titik optimum yang menunjukkan pori tertutup paling besar yaitu pada penambahan NaOH 3,9% dengan nilai porositas sebesar 9,82% pada suhu curing 60°C, sedangkan pada suhu curing 80°C porositas sebesar 9,46% dan porositas sebesar 7,30 pada

suhu curing  $100^{\circ}\text{C}$ . Penambahan NaOH juga memperlihatkan penurunan porositas juga seiring dengan kenaikan suhu curing. Dari semua nilai porositas semen geopolimer diatas masih lebih baik dan lebih kecil dibandingkan nilai porositas semen standar yaitu sebesar 21,28%.

Nilai porositas sangat berkaitan dengan nilai kuat tekan semen geopolimer semakin tinggi nilai porositas maka akan semakin turun nilai kuat tekan.

### Nilai Penyerapan

Nilai penyerapan adalah untuk mengetahui berapa banyak jumlah air yang terserap oleh semen geopolimer. Nilai penyerapan berkaitan dengan nilai porositas dari semen geopolimer, semakin turun nilai porositas maka semakin turun juga nilai penyerapan karena semakin turun nilai porositas maka semakin kecil pori-pori yang ada pada semen geopolimer maka semakin sedikit pula rongga kosong yang dapat menyerap sejumlah air.

Dari tabel 4 terlihat bahwa semakin besar penambahan NaOH dan semakin tinggi suhu curing maka akan semakin sedikit pula semen geopolimer menyerap air dengan kata lain penyerapan semakin kecil. Pada suhu curing  $60^{\circ}\text{C}$  berturut-turut penambahan NaOH 2,5%, 3% dan 3,9% maka akan menurunkan angka penyerapan berturut-turut sebesar 9,73%, 5,18%, dan 4,40% akan tetapi akan naik kembali pada saat penambahan NaOH 6% menjadi 8,62%, begitu juga pada saat suhu curing  $80^{\circ}\text{C}$  berturut-turut penambahan NaOH 2,5%, 3% dan 3,9% maka akan menurunkan angka penyerapan berturut-turut sebesar 8,06%, 4,54%, dan 3,28% akan tetapi akan naik kembali pada saat penambahan NaOH 6% menjadi 5,96%, dan pada saat suhu curing  $100^{\circ}\text{C}$  berturut-turut penambahan NaOH 2,5%,

### Daftar Pustaka

3% dan 3,9% maka akan menurunkan angka penyerapan berturut-turut sebesar 7,38%, 3,46%, dan 2,91% akan tetapi akan naik kembali pada saat penambahan NaOH 6% menjadi 4,84%.

### Nilai Berat Jenis

Nilai berat jenis dimaksudkan untuk melihat seberapa besar nilai berat persatuan volume yang ada pada semen geopolimer seiring dengan penambahan NaOH dan semakin meningkatnya suhu curing.

Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa ada hubungan antara penambahan NaOH dengan berat jenis. Semakin besar jumlah penambahan NaOH maka semakin tinggi nilai berat jenis, sedangkan suhu curing tidak terlalu berpengaruh terhadap berat jenis semen geopolimer cenderung sama. Antara porositas dengan berat jenis ada hubungan pada porositas yang tinggi maka berat jenis juga akan menurun disebabkan semakin besar porositas maka semakin banyak pori-pori yang ada dan akan semakin membuat semen geopolimer menjadi lebih ringan.

Dari tabel 4 terlihat bahwa semakin besar penambahan NaOH maka akan semakin tinggi pula berat jenis semen geopolimer. Pada suhu curing  $60^{\circ}\text{C}$  berturut-turut penambahan NaOH 2,5%, 3% dan 3,9% maka akan menaikkan angka berat jenis berturut-turut sebesar  $1,87 \text{ kg/cm}^3$ ,  $1,89 \text{ kg/cm}^3$ , dan  $1,91 \text{ kg/cm}^3$  akan tetapi akan turun kembali pada saat penambahan NaOH 6% menjadi  $1,86 \text{ kg/cm}^3$ . Dari semua nilai berat jenis semen geopolimer diatas dapat dikatakan masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan niali berat jenis semen akan tetapi tidak terlalu jauh, nilaii berat jenis semen standar sebesar  $1,85 \text{ kg/cm}^3$ .

- [1] <https://perdalpro.wordpress.com>, Pra Design Pabrik Portland Composite Cement (PCC) Dengan Proses Kering, diakses 1 April 2014
- [2] Wimpy Nurbahri, Optimalisasi Pembuatan Semen PCC, diakses 24 Januari 2016
- [3] <http://kompas.com>, Geopolimer Beton Tanpa Semen Yang Ramah Lingkungan, diakses 02 Juni 2015
- [4] Siddigui,R, et.al, Basalt: Unconventional Uses Of a Conventional Rock, International Jurnal Of Science and Engenering, Vol.3, Special Number ICRAESM, 2015, pp: 116-123
- [5] Anonim, Indikator Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia, Pusat Data dan Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral, Kementrian ESDM, 2011
- [6] Ardianto, Semen PCC, diakses 2 April 2014
- [7] <https://myscoutchemistry.wordpress.com>, Geopolimer: Material Ajaib Ramah Lingkungan, diakses 9 Januari 2016
- [8] Manuahe,R, et.al, Kuat Tekan Beton Geopolimer Berbahan Dasar Abu Terbang (*Fly Ash*), Jurnal Sipil Statik, Vol 2.No.6 September 2014, hal 277-282
- [9] Efendy Hady, Studi StrukturMikro Pengikatan Resin Epoksi Pada Beton, Jurnal Penelitian Enjiniring, Vol 12 No.2, 2009, hal 135-140

- [10] Ekaputri,J.J, Triwulan, Sodium Sebagai Aktivator Fly Ash, Trass dan Lumpur Sidoarjo Dalam Beton Geopolimer, Jurnal Teknik Sipil, Vol 20.No.1 April 2013
- [11] Davidovits,J, Geopolymer Cement, Institute Geopolymer, France, 2013
- [12] Efendy,AH, Natrium Silikat Sebagai Bahan Penghambat Api Aman Lingkungan, Jurnal Teknik Lingkungan Vo.8 No.3, September 2007, Jakarta, hal 245-252
- [13] Azwar,M, Geologi dan Mineralogi Tanah, Identifikasi Batuan, Paper Mata Kuliah, Fakultas Pertanian Jurusan Tanah Universitas Gajah Mada, Yogjakarta 2011.

# **STUDI KEAMANAN PANGAN PRODUK OLAHAN DAGING DAN IKAN DI BANDAR LAMPUNG**

## **STUDY OF FOOD SAFETY PRODUCTS PROCESSED MEAT AND FISH IN BANDAR LAMPUNG**

Novita Herdiana dan Wisnu Satyajaya

Fakultas Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung  
Email : [novita.herdiana@yahoo.com](mailto:novita.herdiana@yahoo.com)

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

### **ABSTRAK**

Keamanan pangan merupakan kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Penyalahgunaan bahan berbahaya yang dilarang untuk pangan misalnya formalin, boraks, rhodamin B, dan methanil yellow, serta penggunaan bahan tambahan pangan melebihi batas maksimal menjadi masalah keamanan pangan. Daging dan ikan merupakan salah satu produk yang sering ditambahkan bahan berbahaya untuk memperpanjang daya simpannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keamanan pangan pada berbagai produk daging dan ikan yang beredar di Bandar Lampung sehingga produk tersebut aman dikonsumsi oleh masyarakat. Hasil pengujian kualitatif pada 24 sampel ditemukan 7 sampel mengandung formalin, 2 sampel mengandung boraks dan 2 sampel mengandung klorit. Sedangkan benzoat, methanil yellow, peroksida, nitrit, sianida, rhodamin dan iodat tidak ditemukan. Produk pangan khususnya daging dan ikan beserta olahannya yang beredar di pasar Bandar Lampung belum sepenuhnya bebas dari bahan berbahaya. Khususnya untuk penggunaan formalin, boraks, dan klorit.

Kata Kunci : Keamanan Pangan, olahan daing dan ikan.

### **ABSTRACT**

*Food safety is a condition and effort needed to prevent food from possible contamination of biological, chemical, and other objects that can disturb, harm, and harm human health. Abuse of hazardous substances prohibited for food, for example formalin, borax, rhodamine B, and methanil yellow, as well as the use of food additives exceeds the maximum into a food safety issue. Meat and fish is one product that is often added substances hazardous to prolong the shelf. This study aims to assess food security in a variety of meat and fish products circulating in London so that the product is safe for consumption by the public. Results of qualitative testing on 7 samples 24 samples found to contain formaldehyde, 2 samples containing borax and 2 samples containing chlorite. While Benzoat, methanil yellow, peroxide, nitrites, cyanide, rhodamine and iodate was not found. Food products, especially meat and fish as well as in the market in Bandar Lampung has not been entirely free from harmful substances. Particularly for the use of formalin, borax and chlorite.*

*Keywords:* Food Safety, processed meat and fish.

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Keamanan pangan merupakan kondisi dan upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia. Penyalahgunaan bahan berbahaya yang dilarang untuk pangan misalnya formalin, boraks, rhodamin B, dan methanil yellow, serta penggunaan bahan tambahan pangan melebihi batas maksimal

yang diijinkan juga menjadi masalah keamanan pangan.

Masalah keamanan pangan ini pada akhirnya akan berdampak pada kesehatan dan kualitas masyarakat Indonesia. Penyalahgunaan bahan berbahaya dan penggunaan bahan tambahan pangan yang berlebihan pada akhirnya akan merusak citra pangan Indonesia dan menurunkan daya saing di pasar global.

Pangan yang aman adalah pangan yang tidak mengandung bahaya biologis

misalnya parasit, cacing, virus, dan bakteri patogen yang dapat menyebabkan infeksi dan keracunan pada manusia. Juga bebas dari bahaya kimia, dan benda lain. Keamanan pangan merupakan prasyarat bagi suatu produk pangan yang harus ditangani secara terpadu, melibatkan berbagai stakeholders baik dari pemerintah, industri, dan konsumen.

Penyebab permasalahan beban ganda keamanan pangan di Indonesia adalah belum dipahami dan disadarinya arti strategis keamanan pangan. Oleh karena itu, pemerintah perlu memberikan perhatian yang layak pada pembentahan infrastruktur keamanan pangan, program pendidikan pada produsen dan konsumen, prioritas alokasi dana untuk pembangunan keamanan pangan, dan pembinaan dan fasilitasi prasarana untuk industri kecil dan menengah. Secara khusus, pemerintah perlu memberikan prioritas yang cukup pada pembinaan dan fasilitasi prasarana keamanan pangan untuk industri kecil dan menengah. Peningkatan kondisi keamanan pangan industri kecil menengah akan memberikan dampak pada peningkatan status kesehatan masyarakat, peningkatan daya saing produk, peningkatkan produktivitas dan akan berkontribusi pada peningkatan daya saing bangsa.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan berupa produk pangan akan diperoleh dari tiga (3) pasar yang berada di Bandar Lampung. Peralatan yang akan digunakan berupa test kits boraks, formalin, metanyl yellow, rhodamine B, sianida, benzoat, iodat, hipoklorit, peroksida, dan nitrit serta alat-alat glasswear untuk analisis.

### Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengambil sampel produk pangan secara acak di pasar Bandar Lampung dan kemudian dilakukan uji laboratorium di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Universitas Lampung. Data disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis secara deskriptif.

Sampel diambil dari pasar di Bandar Lampung yaitu Pasar Tugu, Pasar Gudang Lelang, dan Pasar Sukarami. Jenis Produk yang diuji adalah daging, ikan dan olahannya.

### Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan pada sampel antara lain yaitu kandungan : Borak, formalin, Metanyl Yellow, Rhodamine B, Sianida, Benzoat, Iodat, Hipoklorit, Peroksida, dan Nitrit.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan sampel produk telah dilakukan pada 3 (tiga) pasar tradisional wilayah Bandar Lampung. Jenis produk pangan yang diuji terdiri dari bahan segar dan olahan dengan jumlah sampel sebanyak 24 produk. Produk pangan yang diuji merupakan hasil produksi dari industri atau petani di Bandar Lampung dan sekitarnya. Jenis produk pangan yang menjadi sampel dalam penelitian ini adalah daging, ikan dan olahannya. Pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan metode convenience sampling. Prosedur Pengujian dilakukan sesuai dengan ketentuan yang telah menjadi standar pengujian. Data yang terkumpul disajikan dalam bentuk tabulasi (Tabel 1). Parameter pengujian pada sampel ditentukan berdasarkan prevalensi penggunaan bahan berbahaya pada jenis produk tertentu.

**Tabel 1. Hasil Uji Kandungan Senyawa Berbahaya pada Sampel**

No	Sampel	F	B	B1	K	MY	P	N	S	R	I
1	Bakso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Baso I	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Baso II	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
4	Baso III	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
5	Cumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Daging	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Daging Sapi A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Daging Sapi B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Ikan asin 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Ikan asin 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Ikan Asin Kembung	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Ikan Dendeng	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Ikan Gabus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Ikan Lais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Ikan Layar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Ikan segar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Ikan Simba	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

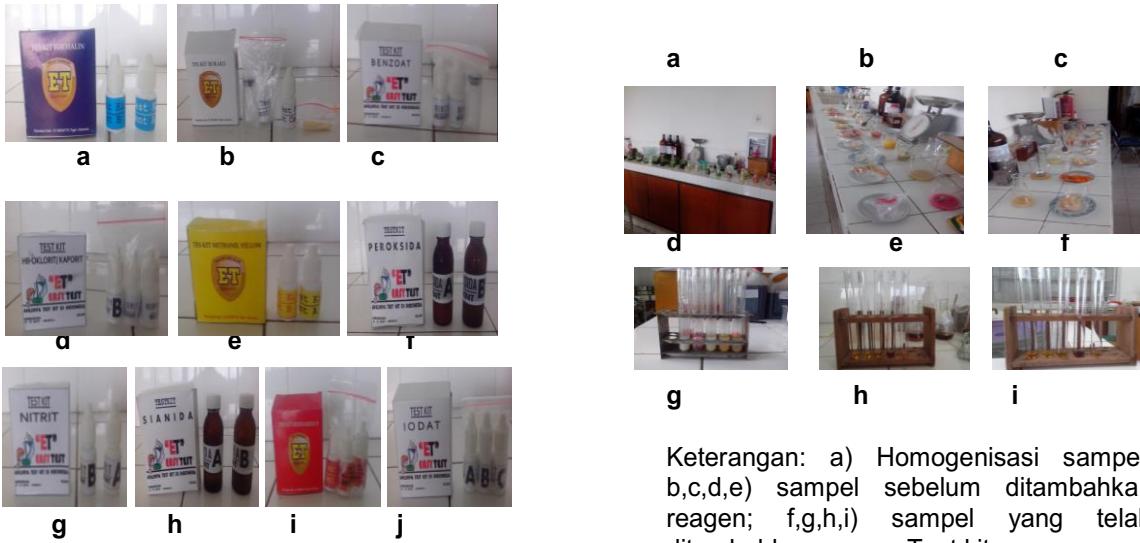
18	Pempek	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Pempek I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Pempek II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Ikan Simba	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Terasi I	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Terasi II	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Terasi III	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : F (Formalin), B (Borak), B1 (Benzoat), K (Klorit), MY (Metanil Yellow)

P (Peroksida), N (Nitrit), S (Sianida), R (Rhodamin), I (Iodat)

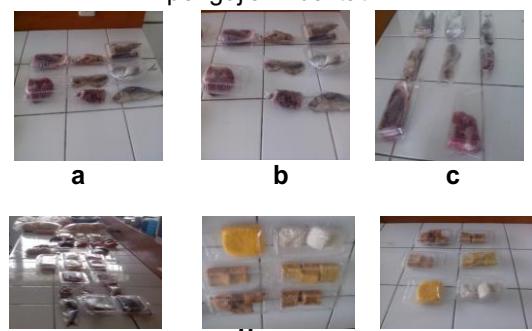
(+) Positif mengandung senyawa berbahaya

(-) Negatif mengandung senyawa berbahaya



Keterangan: a). Formalin; b). Boraks; c) Benzoat; d) Hipoklorit; e) Methanil Yellow; f) Peroksida; g) Nitrit; h) Sianida; i) Rhodamin; dan j) Iodat.

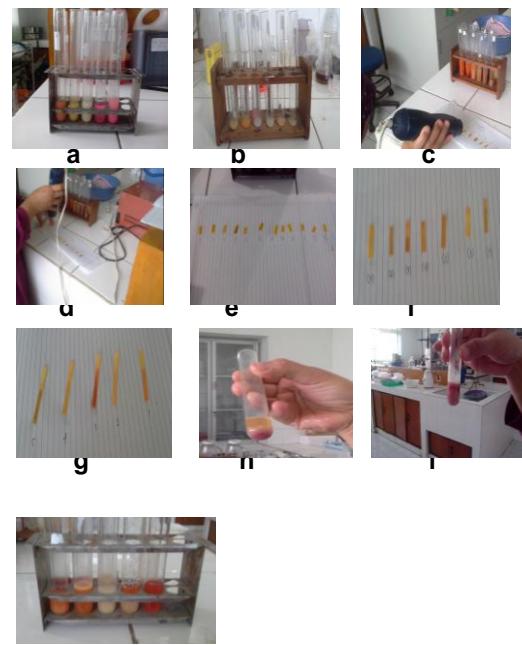
**Gambar 1.** Test Kit yang digunakan dalam pengujian kualitatif



Keterangan: a,b,c,d). Daging, ikan dan olahannya

Keterangan: Sampel yang telah dihaluskan dan diencerkan

**Gambar 3.** Sampel Penelitian



Keterangan: a,b) sampel yang telah ditambahkan reagen test kit; c,d) Salah satu tahap pengeringan kertas indikator pada uji boraks; e,f,g) Kertas indikator uji boraks (warna merah menunjukkan sampel positif mengandung boraks; h,i) perubahan warna pada sampel berupa

endapan ungu menunjukkan positif mengandung formalin.

**Gambar 5.** Pelaksanaan uji kualitatif bahan berbahaya pada sampel

Data yang terkumpul disajikan dalam bentuk tabulasi (Tabel 1). Parameter pengujian pada sampel ditentukan berdasarkan prevalensi penggunaan bahan berbahaya pada jenis produk tertentu.

Tabel 1. Hasil Uji Kandungan Senyawa Berbahaya pada Sampel

No	Sampel	Formalin	Boraks	Benzoat	Klorit	Metainil Yellows	Peroksiida	Nitrit	Sianida	Rhodamin	Iodat
1	Bakso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Baso I	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Baso II	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
4	Baso III	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
5	Cumi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Daging	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Daging Sapi A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Daging Sapi B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Ikan asin 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Ikan asin 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	Ikan Asin Kembung	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Ikan Denden g	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	Ikan Gabus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	Ikan Lais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Ikan Layar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16	Ikan segar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Ikan Simba	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Pempek	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Pempek I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Pempek II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Ikan Simba	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Terasi I	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Terasi II	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Terasi III	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Keterangan:** (+) Positif mengandung senyawa berbahaya

(-) Negatif mengandung senyawa berbahaya

## **Formalin**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, ditemukan 7 sampel positif mengandung formalin. Jenis pangan yang terdeteksi adanya kandungan formalin ini terdiri dari daging, ikan asin kembung, ikan simba dan terasi. Sampel yang positif mengandung formalin berasal dari ketiga pasar yang digunakan sebagai objek penelitian.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa berbagai peraturan yang telah dibuat, masih belum dapat menghentikan produsen untuk tidak menggunakan formalin pada bahan pangan. Formalin merupakan bahan kimia beracun yang sangat berbahaya bagi kesehatan. Pada konsentrasi yang tinggi dalam tubuh dapat menyebabkan iritasi lambung, alergi, muntah, diare bercampur darah, kencing bercampur darah, terjadinya perubahan fungsi sel atau jaringan yang dalam jangka waktu panjang dapat menyebabkan kanker, atau bahkan kematian karena adanya kegagalan peredaran darah (Imansyah, 2006).

Senyawa formalin dapat dengan mudah diidentifikasi, yaitu berasal dari bau yang ditimbukannya. Mommies (2006) menyatakan bahwa *Programme on Chemical Safety* memberikan batas toleransi formalin yang dapat diterima oleh tubuh orang dewasa dalam satu hari adalah 1,5–14 mg. Penetapan tersebut didasarkan pada kemampuan hampir semua jaringan tubuh untuk memetabolisme formalin untuk membentuk asam formiat yang kemudian dapat dikeluarkan oleh tubuh melalui urine dan gas CO<sub>2</sub>. Menurut Tjiptaningdyah (2010), berdasarkan tingkat perubahan warna yang terjadi pada sampel yang dianalisis, perubahan warna berkisar dari merah muda sampai merah gelap. Tingkat perubahan warna ini dapat mengidentifikasi besar konsentrasi formalin pada produk pangan yang diuji. Semakin gelap warna merah semakin tinggi konsentrasi formalin yang digunakan walaupun hal ini membutuhkan uji lebih lanjut secara kualitatif. Pada penelitian ini warna yang didapatkan semuannya pada warna merah muda sehingga diperkirakan konsentrasi formalin yang digunakan berkisar antara 0 sampai 50 ppm.

Pengamatan fisik yang dilakukan menunjukkan bahwa ikan yang menggunakan bahan pengawet formalin ditandai dengan warna putih bersih, kenyal, insangnya berwarna merah tua bukan merah segar. Daging berformalin yang berwarna merah tua

bukan merah segar. Beberapa hal yang dapat menjadi alasan penggunaan formalin adalah mengurangi harga es balok yang biasa untuk mengawetkan ikan segar, mutu ikan asin yang diperoleh lebih bagus daripada yang menggunakan garam tanpa formalin karena memiliki kenampakan lebih cerah dan tekstur dagingnya lebih tebal dan lebih kenyal, ikan juga lebih awet dan tidak ditumbuhi jamur. Pemakaian formalin juga mempercepat pengeringan dan membuat tampilan fisik tidak cepat rusak. Pada ikan asin, rendemen ikan asin dengan formalin bisa mencapai 75%. Berbeda dengan rendemen dari ikan asin yang menggunakan garam, hanya sekitar 50% dari berat bahan baku. Hal ini dapat memicu penyalahgunaan oleh produsen untuk mendapatkan keuntungan dari berat yang dapat karena harga jual ikan asin menggunakan satuan kilogram (Riyadi, 2006). Batas toleransi formalin yang dapat diterima oleh tubuh orang dewasa dalam satu hari adalah 1,5–14 mg. Penetapan tersebut didasarkan pada kemampuan hampir semua jaringan tubuh untuk memetabolisme formalin untuk membentuk asam formiat yang kemudian dapat dikeluarkan oleh tubuh melalui urine dan gas CO<sub>2</sub>.

## **Boraks**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, ditemukan 2 sampel positif mengandung boraks. Jenis pangan yang terdeteksi adanya kandungan boraks ini adalah bakso, produk pangan positif mengandung boraks ini berasal dari dua pasar objek penelitian.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masih terdapat produk pangan yang dijual boraks yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Pengamatan fisik yang dilakukan pada olahan daging (bakso) yang mengandung boraks atau tidak menunjukkan bahwa terdapat perbedaan penampakan antara bakso yang mengandung boraks dan yang tidak. Hal ini sesuai dengan pendapat Putra (2009) bahwa ciri yang bisa dilihat untuk membedakan bakso yang mengandung boraks dan tidak adalah sebagai berikut: a. bakso mengandung boraks lebih kenyal dibanding bakso tanpa boraks. b. bakso mengandung boraks bila digigit sedikit lebih keras dibandingkan bakso tanpa boraks. c. bakso mengandung boraks tahan lama atau awet selama 3 hari sedang yang tidak mengandung boraks dalam 1 hari sudah berlendir. d. bakso mengandung boraks warnanya tampak lebih putih tidak merata.

bakso yang aman berwarna abu-abu segar merata di semua bagian, baik di pinggir maupun tengah. e. bakso mengandung boraks baunya terasa tidak alami ada bau lain yang muncul. f. bila dilemparkan ke lantai akan memantul seperti bola bekel. Penelitian lain menunjukkan bahwa senyawa asam borat ini dipakai pada produk pangan agar teksturnya menjadi lebih baik. Asam borat berbentuk serbuk hablur kristal transparan atau granul putih tak berwarna dan tak berbau serta agak manis (Cahyadi, 2008). Menurut Saparinto dan Hidayati (2006), gejala awal keracunan boraks bisa berlangsung beberapa jam hingga seminggu setelah mengonsumsi atau kontak dalam dosis toksis. Gejala klinis keracunan boraks biasanya ditandai dengan hal-hal berikut.

- a. Sakit perut sebelah atas, muntah dan mencret, b. Sakit kepala, gelisah, c. Penyakit kulit erat, d. Muka pucat dan kadang-kadang kulit kebiruan, e. Sesak nafas dan kegagalan sirkulasi darah, f. Hilangnya cairan dalam tubuh,g. Degenerasi lemak hati dan ginjal, h. Otot-otot muka dan anggota badan bergetar diikuti dengan kejang-kejang, i. Kadang-kadang tidak kencing dan sakit kuning, j. Tidak memiliki nafsu makan, diare ringan dan sakit kepala, k. Kematian

### **Benzoat**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan tidak ditemukan sampel yang positif mengandung benzoat. Penggunaan kandungan benzoat dapat dijelaskan dikarenakan penggunaan benzoat diperbolehkan di Indonesia. Tetapi yang perlu diperhatikan adalah kadar benzoat yang dimiliki karena pada kadar yang melebih 600 mg/kg dapat membahayakan kesehatan konsumen Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 722/MENKES/PER/IX/88.

Benzoat digunakan untuk meningkatkan daya simpan pada produk pangan. Pada roti, penggunaan benzoat dapat menghambat pertumbuhan jamur hingga 7 hari. Secara fisik Na-benzoat mirip dengan garam meja sehingga kemungkinan pedagang mengenalnya sebagai garam. Na-benzoat diperjualkan secara eceran di pasar dikemas dalam kantong plastik dan tidak disertai label. Penambahan Na benzoat yang melebihi batas yang diizinkan. dapat menimbulkan keracunan yang ditandai gejala pusing, mual, dan muntah (Windy *et al*, 2013).

### **Hipoklorit**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, ditemukan 2 sampel positif mengandung klorit. Jenis pangan yang terdeteksi adanya hipoklorit adalah daging/ikan olahan (2) yang berasal dari 1 pasar objek penelitian.

Senyawa hipoklorit dapat berasal dari penggunaan air atau sanitizer pada produk pangan. Kombinasi larutan klorin dalam bentuk natrium hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) dan asam asetat mampu mematikan mikroba patogen karena suasana asam akan memacu pembentukan asam hipoklorit dari natrium hipoklorit yang merupakan agens bakterisidal yang lebih tinggi dibanding ion-ion klorida ( $\text{Cl}_2$  dan  $\text{OCl}^-$ ). Larutan natrium hipoklorit, umumnya dikenal sebagai pemutih atau *clorox*, adalah sering kali digunakan sebagai penawar infeksi (*desinfektan*) atau bahan pemutih. Nama lain natrium hipoklorit ialah natrium klorat(I). Dalam pengolahan makanan, sodium hipoklorit digunakan untuk membersihkan peralatan persiapan makanan, buah-buahan dan pengolahan sayuran, produksi jamur, daging dan produksi unggas, produksi sirup maple dan pengolahan ikan (Winarti dan Miskiyah, 2010).

Natrium hipoklorit adalah pengoksidasi kuat yang bersifat korosif, larutan membakar kulit dan menyebabkan cacat mata, terutama ketika digunakan dalam bentuk pekat. NFPA menyatakan bahwa, hanya larutan yang mengandung lebih dari 40% berat natrium hipoklorit dianggap pengoksidasi berbahaya. Larutan kurang dari 40% digolongkan sebagai bahaya oksidasi sedang. Klorinasi air minum dapat mengoksidasi kontaminan-kontaminan organik, yang menghasilkan trihalometan (juga disebut haloform), yang tak lain adalah zat karsinogenik.

### **Methanil Yellow**

Hasil pengujian yang dilakukan menunjukkan tidak ditemukan sampel yang positif mengandung methanil yellow. Menurut Badan POM (2011), Metanil Yellow adalah zat warna sintetis berbentuk serbuk berwarna kuning kecoklatan, larut dalam air, agak larut dalam benzen, eter, dan sedikit larut dalam aseton. Metanil yellow umumnya digunakan sebagai pewarna tekstil dan cat serta sebagai indikator reaksi neutralisasi asam-basa.

## **Peroksida**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, tidak ditemukan sampel yang positif mengandung peroksida. Menurut Balai POM (2013), Hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ) adalah cairan bening, agak lebih kental daripada air, yang merupakan oksidator kuat. Sifat terakhir ini dimanfaatkan manusia sebagai bahan pemutih (*bleach*), disinfektan, oksidator, dan sebagai bahan bakar roket. Penggunaan hidrogen peroksida dalam kosmetika dan makanan tidak dibenarkan karena zat ini mudah bereaksi (oksidator kuat) dan korosif. bahan kimia  $H_2O_2$  untuk membersihkan kotoran yang menempel pada ikan yang akan diolah.

Pada produk hewani seperti ikan, pemberian  $H_2O_2$  dilakukan jika penampilannya kurang baik. Perendaman dengan  $H_2O_2$  dapat memutihkan ikan dan menghilangkan lendir dan kotoran yang menempel pada ikan. Menurut Hanny Wijaya (1997),  $H_2O_2$  tidak dibenarkan dalam pengolahan makanan, karena sifat dari hydrogen peroksida tersebut bersifat karsinogenik, mudah bereaksi (oksidator kuat) dan korosif. Hidrogen peroksida dijual bebas, dengan berbagai merek dagang dalam konsentrasi rendah (3-5%) sebagai pembersih luka atau sebagai pemutih gigi (pada konsentrasi terukur). Dalam konsentrasi agak tinggi dijual sebagai pemutih pakaian dan disinfektan.

## **Nitrit**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, tidak ditemukan sampel yang positif mengandung nitrit. Nitrit merupakan salah satu zat pengawet yang biasanya digunakan dalam proses pengawetan daging untuk memperoleh warna yang baik dan mencegah pertumbuhan mikroba. Penggunaan nitrit juga dilakukan untuk meminimalisir ketengikan dan dapat memperpanjang masa simpan produk. Nitrit sebagai pengawet diijinkan penggunaannya, akan tetapi perlu diperhatikan penggunaannya dalam makanan agar tidak melampaui batas, sehingga tidak berdampak negatif terhadap kesehatan manusia.

Sebenarnya penggunaan bahan tambahan lain dalam proses curing juga dapat memperpanjang masa simpan produk daging olahan. Bahan tersebut misalnya gula, penyedap, bumbu, garam, merica, bahan pemanis, bahan pengisi, bahan pengikat atau pengompak, bahan extender serta zat padat susu kering tanpa lemak.

## **Sianida**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, hanya ditemukan 1 sampel yang positif mengandung sianida yaitu sayuran daun singkong yang secara alami memang merupakan sumber dari sianida. Pada kadar yang rendah seperti secara alami terkandung dalam suatu produk, sianida dapat dihilangkan melalui proses pencucian.

Asam sianida tidak boleh ditambahkan langsung kedalam produk pangan. Hanya boleh terdapat dalam produk pangan secara alami atau sebagai akibat dari penambahan perisa alami. Batas maksimum makanan 1 mg/kg, minuman 1 mg/Kg, kembang gula 25 mg/kg, sari buah berbiji tunggal 5 mg/kg, minuman beralkohol 1% per volume dan produk yang mengandung kacang-kacangan dan umbi-umbian

## **Rhodamin**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, tidak ditemukan sampel yang positif mengandung rhodamin. Hal ini menunjukkan bahwa sudah cukup baiknya pengawasan peredaran untuk bahan pewarna yang dilarang ini. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya bahwa perlu diwaspadai pewarna yang beredar dimasyarakat umumnya tidak berlabel dan beberapa diantaranya mengandung rhodamin B.

Menurut Pom (2012), Rhodamin B adalah zat warna sintetis berbentuk serbuk kristal, berwarna hijau atau ungu kemerahan, tidak berbau, dan dalam larutan berwarna merah terang berfluoresens. Rhodamin B umumnya digunakan sebagai pewarna kertas dan tekstil. Pemberian Rhodamin B dengan konsentrasi 150, 300, dan 600 ppm berakibat terjadinya kerusakan jaringan hati.

## **Lodat**

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, tidak ditemukan sampel yang positif mengandung iodat. Potassium iodat ( $KIO_3$ ) atau sodium iodat ( $NaIO_3$ ). Potassium iodat atau sodium iodat kadang digunakan produsen atau pedagang sebagai pengawet khususnya pada produk ikan dan olahannya.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **Kesimpulan**

- 1) Hasil pengujian kualitatif pada 24 sampel ditemukan 7 sampel mengandung

- formalin, 2 sampel mengandung boraks, dan 2 sampel mengandung klorit.
- 2) Tidak ditemukan sampel yang positif mengandung benzoat, methanil yellow, peroksida, nitrit, sianida, rhodamin dan iodat.
  - 3) Sampel yang positif mengandung bahan berbahaya berasal dari tiga pasar sebagai objek penelitian.
  - 4) Produk pangan yang beredar di pasar Bandar Lampung belum sepenuhnya bebas dari bahan berbahaya. Khususnya untuk penggunaan formalin, boraks, dan klorit.

### Saran

- 1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan berupa analisis kuantitatif terhadap kadar yang dimiliki khususnya pada produk yang positif mengandung senyawa berbahaya.
- 2) Kegiatan pengawasan terhadap peredaran dan penggunaan bahan berbahaya harus dilakukan secara rutin oleh pihak instansi terkait.
- 3) Kegiatan penyuluhan pada konsumen, produsen dan pedagang perlu dilakukan secara intensif untuk memberikan informasi tentang penggunaan bahan berbahaya pada produk pangan.

### Referensi

- [1] Badan Standarisasi Nasional. Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-7152-2006. Bahan Tambahan Pangan-Persyaratan Perisa dan Penggunaan dalam Produk Pangan.
- [2] Badan Pengawas Obat dan Makanan (POM). 2011. Bahaya Keracunan Metanil Yellow pada Pangan. <http://ik.pom.go.id/v2013/wp-content/uploads/2011/11/>
- [3] \_\_\_\_\_ . 2013a. Hidrogen Peroksida. <http://ik.pom.go.id/v2013/katalog/Hidrogen%20Peroksida.pdf>
- [4] \_\_\_\_\_ . 2013b. Mewaspadai Bahaya Keracunan Akibat Penggunaan Pengawet Nitrat dan Nitrit pada Daging Olahan. <http://ik.pom.go.id/v2013/wp-content/uploads/2011/11/Penggunaan-Pengawet-Berlebih-pada-Daging-Olahan.pdf>
- [5] \_\_\_\_\_ . 2012. Bahaya Rhodamin B sebagai Pewarna pada Pangan. [http://ik.pom.go.id/v2012/wp-content/uploads/2011/11/bahaya-rhodamin-b-sebagai\\_Pewarna\\_pada\\_Pangan](http://ik.pom.go.id/v2012/wp-content/uploads/2011/11/bahaya-rhodamin-b-sebagai_Pewarna_pada_Pangan)
- [6] Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 1988. Peraturan Menteri kesehatan Republik Indonesia Nomor 722/MenKes/Per/IX/88 tentang Bahan Tambahan Pangan. DepKes RI : Jakarta.
- [7] Department of Industry Australian. 2008. Pengelolaan Sianida. Attorney General's Department. Canberra.
- [8] Dewanti, R. dan Hariyadi, 2004. Penelitian Tentang Keamanan Produk Hasil Perikanan. Bahan Lokakarya Jejaring Intelijen Pangan, 2 September 2004, Jakarta.
- [9] Fardiaz, Srikanthi. 1992. Organisme Patogen. Materi Pelatihan Singkat Keamanan Pangan, Standart dan Peraturan Pangan. PAU Pangan dan Gizi IPB
- [10] Fransiska Zakaria. 1992. Komponen Kimia Berbahaya. Materi Pelatihan Singkat Keamanan Pangan, Standart dan Peraturan Pangan. PAU PanFgan dan Gizi IPB
- [11] Hanny Wijaya. 1997. Bahan Tambahan Pangan. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- [12] Hasna Hayati Nur, Dyah Suryani Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta Analisis kandungan nitrit dalam sosis da distributor sosis di kota Yogyakarta MAS Vol. 6 No. 1, Januari 2011 .
- [13] Imansyah B, 2006. Mengenal Formalin dan Bahayanya. Akademi Kesehatan Lingkungan Bandung. Bandung.
- [14] Putra, A.K. 2009. Formalin dan Boraks pada Makanan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [15] Riyadi, P.H. 2006. Analisis Kebijakan Keamanan Pangan Produk Hasil Perikanan. Tesis. Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro.
- [16] Saparinto, C. Hidayati, D. 2006. Bahan Tambahan Pangan. Yogyakarta: Kanisius
- [17] Tatang Purawijaya. 1992. Keracunan Makanan di Indonesia. Materi Pelatihan Singkat Keamanan Pangan, Standart dan Peraturan Pangan. PAU Pangan dan Gizi IPB
- [18] Tjiptaningdyah. 2010. Studi Keamanan Pangan pada Tahu Putih yang beredar di Pasar Sidoarjo (Kajian dari Kandungan Formalin). Jurnal. Penelitian Hayati: 15 (159-164). 2010
- [19] Umar Santoso, 2009. Peranan Ahli Pangan Dalam Mendukung Keamanan dan Kehalalan Pangan. Pidato Pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Kimia Pangan dan Hasil Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian UGM.

- [20] Widyaningsih, T.D. dan Murtini, ES. 2006. Alternatif Pengganti Formalin pada Produk Pangan. Jakarta: Tribus Agrisarana
- [21] Yuliarti, N. 2007. Awas Bahaya Di Balik Lezatnya Makanan. Yogyakarta: Andi
- [22] Winarti, C dan Miskiyah. 2010. Status Kontaminan pada Sayuran dan Upaya Pengendaliannya di Indonesia. Pengembangan Inovasi Pertanian 3(3):227-337.
- [23] Windy Sumarauw,Fatimawali,Adithya Yudistira. 2013. Identifikasi dan Penetapan Kadar Asam Benzoat pada Kecap Asin yang Beredar di Kota Manado. Jurnal Ilmiah Farmasi Pharmacon. UNSRAT Vol. 2 No. 01 Februari

# PENGGUNAAN JAHE DAN PRANJIWA UNTUK PEMBUATAN KOPI MIX BERBAHAN BAKU KOPI ROBUSTA (*Coffea robusta*)

## THE UTILIZATION OF GINGER AND PRANJIWA IN PROCESSING MIX COFFEE BASED ON ROBUSTA COFFEE (*Coffea robusta*)

Patoni A. Gafar<sup>1)</sup> dan Nanti Musita<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Riset dan Standardisasi Industri Palembang

Jl. Perindustrian II No. 12 Sukarami KM 9 Palembang e-mail : [patoni\\_ag@yahoo.com](mailto:patoni_ag@yahoo.com)

<sup>2)</sup>Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung

Jl. By Pass Soekarno Hatta KM 1 Rajabasa Bandar Lampung

Diterima 28 November 2016, direvisi 1 Januari 2017, diterbitkan 28 Mei 2017

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik mutu dengan penggunaan jahe dan pranajiwa pada produk kopi mix berbahan baku kopi robusta serta memberi peluang bagi dunia usaha dalam pemanfaatan kopi robusta dalam memproduksi kopi mix. Perlakuan dalam penelitian berupa bahan pencampur/aditif yang digunakan yang terdiri dari jahe dan pranajiwa. Hasil penelitian produk kopi mix berbahan baku kopi robusta dengan menggunakan jahe dan pranajiwa menunjukkan bahwa keadaan (rasa, bau dan warna) normal. Parameter bau, rasa dan warna banyak ditentukan oleh jenis bahan baku dan tingkat penyaringan, tetapi untuk kopi mix juga banyak ditentukan oleh jenis bahan pencampurnya. Untuk parameter kadar air kopi mix dengan penggunaan jahe sebesar 4,14% dan dengan penggunaan pranajiwa 5,67%, sedangkan untuk parameter lainnya untuk penggunaan jahe dan pranajiwa masing-masing adalah kadar abu 5,52% dan 4,76%, keasaman (pH) 6,02 dan 5,55, bilangan asam 4,59 dan 6,80 ml/0,1NaOH, kadar sari 25,158 dan 29,611% dan kafein 2,78% dan 2,43%. Produk hilir kopi mix berbahan baku kopi robusta yang diteliti, menunjukkan karakteristik mutu yang cukup baik, sebagaimana yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI 01-3542-2004). Kata-kata kunci : kopi mix, kopi robusta, bahan campuran/aditif, karakteristik mutu

### ABSTRACT

This research intended to reveal the quality performance of mix coffee based on robusta material in utilization of ginger and pranajiwa as ingredients (additives), and to get the opportunity for business community in utilization of robusta coffee in mix coffee processing. The treatment was to mix the additives, there were ginger (*Zingiber officinale*) and pranajiwa (*Euchresta horsefieldii*). The result showed that the visually conditions (taste, flavour and colour) were normal. The visually conditions were most brought up out by the addition of ingredients (additives). The moisture content of ginger mix coffee was 4.14% and 5.67% of pranajiwa mix coffee. For the other parameters of ginger and pranajiwa mix coffee each as follows: ash content 5.52% and 4.76%, acidity (pH) 6.02 and 5.55, acid number 4.59 and 6.80 ml/0.1NaOH, extract content 25.158% and 29.611%, and for caffeine 2.78% and 2.43%. The mix coffee made from robusta coffee bean with ginger and pranajiwa as additives showed the good performance refer to national standard (SNI 01-3542-2004).

Keywords : mix coffee, robusta coffee, ingredients/additives, quality performance

### PENDAHULUAN

Salah satu diantara sekitar 70 spesies kopi (*Coffea* sp) yang cukup terkenal adalah kopi robusta (*Coffea canephora/Coffea robusta*). Kopi robusta memiliki ukuran biji yang besar, bentuknya oval, kafein relatif tinggi tetapi memiliki aroma yang kurang harum.

Dalam pemahaman masyarakat umum kopi diidentikan dengan kafein. Hal tersebut yang mengaburkan bahwa kopi mengandung

banyak lagi senyawa yang bersifat nutrisi. Senyawa-senyawa tersebut sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi bagi kesehatan tubuh, selain sangat berperan dalam pembentukan citarasa. Redaksi Health Secret (2012) menyatakan bahwa selain mengandung komponen gizi (protein, asam amino, karbohidrat, lipid dan mineral), kopi juga mengandung komponen non-gizi yang merupakan senyawa bioaktif untuk citarasa dan pengawet, seperti kafein dan asam klorogenat. Patarroyo (2003) di dalam Mulato

dan Suharyanto (2012) menyatakan bahwa komposisi kimiawi biji kopi robusta dalam persen basis kering terdiri dari karbohidrat 59%, lipida 10%, protein 11%, senyawa asam 10%, mineral 4,4%, kafein 2,2%, trigonelin 0,7% dan lain-lain 2,7%.

Redaksi Health Secret (2012) menyebutkan robusta dapat dikembangkan pada lingkungan yang arabika tidak akan tumbuh, dan membuatnya menjadi pengganti arabika yang murah. Salah satu produk hilir kopi yang banyak digemari konsumen adalah kopi *mix*. Pengolahan kopi *mix* dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai aditif alami. Aditif atau campuran alami yang banyak tersedia di Indonesia diantaranya adalah jahe (*Zingiber officinale*), di samping itu juga terdapat komoditi yang cukup potensial sebagai aditif yaitu pranajawa (*Euchresta horsefieldii* (Lesch.) Benth).

Jahe yang digunakan sebagai bahan campuran diproses dalam bentuk bubuk. Mulato dan Suharyanto (2012) menyatakan bahwa bubuk jahe merupakan salah satu bahan baku populer untuk produksi kopi *mix*. Jenis tanaman jahe yang umum digunakan untuk campuran kopi adalah jahe gajah, merah dan emprit. Jahe mengandung minyak atsiri jenis *zingiberin* ( $C_{12}H_{24}$ ) dan *zingiberol* ( $C_{15}H_{26}O$ ). Pada saat diseduh bersama bubuk kopi, minyak jahe volatil akan teruapkan bersama dengan senyawa volatil dari bubuk kopi.

Pranajawa secara tradisional digunakan sebagai penyegar tubuh dan perangsang. Kepopuleran khasiat pranajawa membuat komoditas ini telah dikembangkan dalam bentuk produk jadi oleh industri jamu. Heyne (1987) di dalam Ardaka *et al* (2011) menyatakan bahwa akar dan batang pranajawa mengandung flavonoid jenis *isoflavones*, *petrocarpans*, *caumaronochromones* dan *plavonones*. Daun pranajawa mengandung flavonoid jenis apigenin, sedangkan bijinya mengandung alkaloid berupa *cytosine* (1,5%), matrine dan *matrine-N-oxide*, yang dapat digunakan sebagai obat muntah darah, penyakit dada, perangsang syahwat dan sakit TBC.

Permasalahan utama yang dihadapi dalam pengembangan produk hilir kopi pada tatanan skala mikro, kecil dan menengah yang perlu dicarikan pemecahannya, diantaranya kurangnya pengetahuan tentang teknologi pembuatan aneka produk hilir kopi khususnya kopi *mix* berbasis kopi robusta dan bahan aditif alami yang digunakan.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik mutu produk kopi *mix* dalam hubungannya dengan penggunaan jahe dan pranajawa sebagai aditif, dan menghasilkan paket teknologi dalam membuat produk hilir kopi *mix* yang berbasis pada kopi robusta sebagai bahan baku.

## BAHAN DAN METODE

### A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa kopi biji jenis robusta, rimpang jahe, biji pranajawa dan bahan kimia untuk analisis. Peralatan yang digunakan meliputi timbangan duduk CHQ-718 *Professional Digital Scale*, alat sangrai, *grinder* tipe *burr-mill*, neraca analitis metler p1210, oven, *furnace*, pH meter dan *glassware*.

### B. Metode Penelitian

#### Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 3 kali ulangan.

Perlakuan atau faktor (T) yang digunakan berupa penambahan aditif alami ke dalam kopi yang sudah diproses dalam bentuk bubuk, yaitu :

$$T_1 = \text{Penambahan bubuk rimpang jahe (50 g/kg kopi)}$$

$$T_2 = \text{Penambahan bubuk biji pranajawa (75 g/kg kopi)}$$

#### Prosedur Pembuatan Kopi *Mix*

##### 1. Penyiapan bahan

Bahan berupa kopi beras, bubuk rimpang jahe dan bubuk biji pranajawa masing-masing ditimbang sesuai perlakuan.

##### 2. Penyangraian

Proses penyangraian dilakukan dalam peralatan sangrai (rotary drum), dengan sumber panas gas LPG dengan alat kompor gas

##### 3. Penggilingan

Penggilingan biji kopi sangrai dilakukan sampai kehalusan tertentu (80 mesh) dengan alat penghalus (*grinder*) tipe *burr-mill*. *Burr-mill* mempunyai dua piringan atau lempengan yang terbuat dari batu, yang satu diam (stator) dan yang lain berputar (rotor).

#### 4. Pancampuran

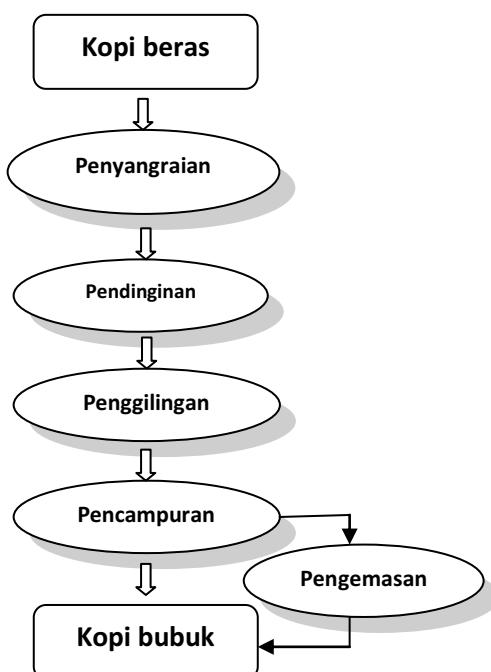
Pencampuran dilakukan dengan bahan aditif bubuk rimpang jahe dan bubuk *pranajawa*, kemudian diputar dengan alat pencampur sampai homogen.

#### 5. Pengemasan

Pengemasan dilakukan dengan bahan kemasan plastik transparan 0,05 mm. Alat yang digunakan untuk pengemasan berupa pengemas manual *hand press* atau *hand sealer*. Proses pengemasan secara manual dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu :

- Memasukkan kopi bubuk ke dalam kemasan
- Menimbang kopi dalam kemasan
- Menutup kemasan dengan pengepresan (sealing).

Bagan proses pengolahan kopi mix dapat dilihat pada Gambar 1.



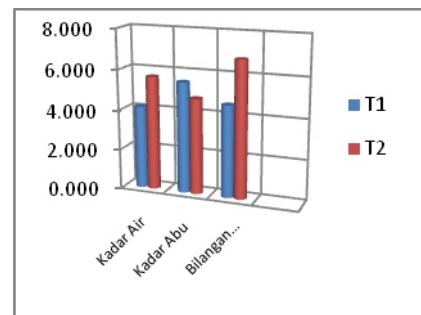
**Gambar 1.** Bagan proses pengolahan kopi mix

#### Peubah yang diamati

Peubah yang diamati dalam penelitian ini meliputi parameter keadaan, kadar air, kadar abu, pH, bilangan asam, kadar sari, dan kafein.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Kadar Air



**Gambar 2.** Hasil uji kadar air, abu dan bilangan asam kopi mix

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air produk minuman kopi yang dihasilkan 4,14% dan 5,6% (Gambar 2). Hasil penelitian menunjukkan terjadinya penurunan kadar air yang cukup besar pada proses pengolahan produk kopi. Yusdiali *et al* (2008) menyatakan bahwa biji kopi robusta yang sudah dikeringkan (siap disangrai) mempunyai kadar air 9,5%, sedangkan yang disangrai pada suhu 160°C selama 20 menit mempunyai kadar air 2,12% dan pada suhu 180°C sebesar 1,88%. Penurunan kadar air produk kopi sedemikian rupa disebabkan oleh proses penyangraian.

Mulato dan Suharyanto (2012) menyebutkan bahwa pada proses penyangraian kopi biji pada awalnya akan mengeluarkan komponen air kemudian diikuti oleh komponen-komponen lainnya. Kadar air lebih tinggi terdapat pada produk kopi bubuk yang diolah dari bahan baku kopi biji dengan campuran pranajawa, sedangkan kadar air kopi dengan campuran bubuk jahe lebih rendah.

Keberadaan air dalam produk makanan dan minuman tidak dapat dihindarkan, karena air merupakan komponen penting dalam suatu produk hayati dan hasil olahannya. Produk kopi merupakan hasil olahan dari kopi biji (*green bean*). Dalam Standar Nasional Indonesia kopi bubuk ditetapkan kadar air maksimum 7%, sedangkan pada kopi instan maksimum 4%. Dengan demikian sampel produk kopi yang diuji dalam penelitian ini memenuhi syarat standar tersebut.

## B. Kadar Abu

Abu merupakan suatu bahan yang tidak dapat terbakar atau sisa pembakaran pada pemanasan suhu tertentu pada *furnace*. Salah satu bahan tersebut berupa mineral yang secara alami terdapat dalam biji kopi dan bahan campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar abu produk kopi *mix* sebesar 5,52% untuk campuran jahe dan 4,76% untuk campuran pranajawa (Gambar 2). Jamali *et al* (2001) menyatakan tingkat kadar abu terutama disebabkan tingginya kadar kotoran dari fraksi non kopi pada kopi biji/beras, yang terikut pada saat penyangraian. Kadar kotoran maksimum yang diperbolehkan pada kopi beras maksimum 0,5%.

Mulato dan Suharyanto (2012) menyatakan bahwa biji kopi mengandung beberapa mineral seperti kalium, magnesium, fosfor, natrium, sulfur dan kalsium. Namun demikian kadar abu yang tinggi dapat pula disebabkan oleh benda asing yang bersifat tidak dapat terbakar seperti pasir dan krikil yang terkontaminasi pada pengolahan pasca panen maupun pengolahan pada tingkat industri hilirnya. Clarke dan Macrae di dalam Ridwansyah (2003) menyatakan bahwa komponen mineral pada kopi robusta biji (*robusta green*) meningkat dengan proses penyangraian dari 4,0-4,5% menjadi 4,6-5,0%. Hal tersebut menunjukkan adanya kontribusi mineral alami terhadap kandungan abu pada produk hilir kopi. Dalam Standar Nasional Indonesia kopi bubuk ditetapkan kadar abu maksimum 5% baik untuk mutu I maupun mutu II, sedangkan pada kopi instan 7-14%. Dengan demikian sampel produk kopi *mix* yang diuji dalam penelitian ini memenuhi syarat standar tersebut.

## C. Bilangan Asam

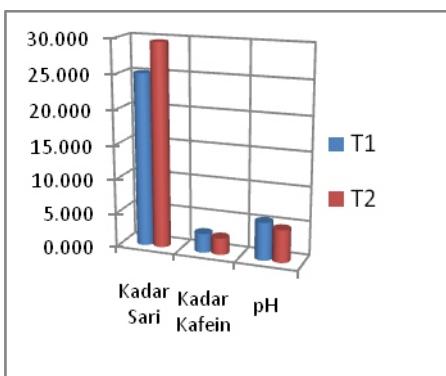
Salah satu komponen yang terdapat dalam kopi adalah asam organik. Rasa asam pada kopi disebabkan adanya kandungan asam tersebut. Mulato dan Suharyanto (2012) menyatakan bahwa biji kopi mengandung senyawa asam seperti asam amino, asam lemak dan asam klorogenat. Sensasi asam dalam seduhan kopi disebabkan oleh hasil penguraian asam klorogenat akibat proses

penyangraian seperti asam asetat, sitrat, malat dan piruvat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bilangan asam produk kopi *mix* sebesar 4,59 untuk campuran jahe dan 6,80 untuk campuran pranajawa (Gambar 2). Kopi biji mengandung asam organik yang cukup tinggi, sebagaimana disebutkan Petracco (2005) di dalam Farida *et al* (2013) bahwa kopi biji dapat mengandung asam organik sebesar 10,4%.

Pada tahap pengolahan pasca panen, banyak kopi yang difерmentasi terlebih dahulu sebelum diolah lebih lanjut. Panggabean (2011) menyatakan bahwa asam karboksilat pada biji kopi yang diolah menggunakan fermentasi dapat berupa asam asetat, asam sitrat, asam malat dan *phosphoric acid*. Asam-asam tersebut merupakan asam pembentuk komponen cita rasa *acidity*. Mulato dan Suharyanto (2011) menyatakan bahwa ragi yang terdapat pada fermentasi kopi dapat memecah pektin berupa hasil samping etanol dan asam laktat.

## D. Sari Kopi

Salah satu parameter yang menentukan mutu produk hilir minuman kopi adalah sari kopi (kadar sari). Sari kopi atau biasa juga disebut kadar sari merupakan jumlah zat yang terlarut dalam air selama penyeduhan (Pastiniasih, 2012). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar sari yang diperoleh 25,158% untuk campuran jahe dan 29,611% untuk campuran pranajawa (Gambar 3). Dengan demikian bahwa kopi *mix* dengan campuran pranajawa mempunyai jumlah zat terlarut lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan kadar sari dalam air seduhan kopi *mix*. Hal tersebut dapat dimungkinkan karena berbagai senyawa alkaloid yang terkandung di dalam biji pranajawa. Heyne (1987) di dalam Ardaka *et al* (2011) menyebutkan bahwa dalam biji pranajawa terkandung senyawa alkaloid berupa cytosine (1,5%), matrine dan matrine-N-oxide.



**Gambar 3.** Hasil uji kadar sari, kafein dan keasaman (pH) kopi bubuk

#### E. Kadar Kafein

Kadar kafein kopi biji sebelum disangrai berkisar 2,1-2,4% (Rejo, et al, 2011), sedangkan Panggabean (2011) menyebutkan bahwa kadar kafein kopi arabika 1,2% dan kopi robusta 2,4-3,5%. Setelah disangrai dan dibuat kopi *mix* penelitian ini menunjukkan bahwa kadar kafein sebesar 2,78% untuk campuran jahe dan 2,43% untuk campuran pranajiwasebagaimana terlihat pada Gambar 3. Menurut Maramis et al (2013) kadar kafein hasil analisis kuantitatif metode Spektrofotometri UV-Vis berkisar antara 0,953-1,381%. Ridwansyah (2003) menyatakan bahwa kafein merupakan suatu alkaloid turunan dari methyl xanthine 1, 3, 7 trimethyl xanthine yang juga merupakan basa *moncidic* yang lemah dan dapat memisah dengan penguapan, serta mudah diuraikan oleh alkalis panas. Mulato dan Suharyanto (2012) menyebutkan bahwa kafein sangat mudah larut dalam air dan lemak, tahan/stabil terhadap pengaruh panas sampai suhu 315°C dan sedikit mengalami sublimasi pada suhu penyangraian gelap (*dark roast*) 205°C.

Senyawa kafein akan sedikit menguap dengan proses penyangraian, tetapi terdapat keuntungan dari proses penyangraian tersebut karena dapat membangkitkan flavor dan aroma kopi (Agustini et al, 2009). Di samping itu Petracco (2005) di dalam Farida et al (2013) menyatakan bahwa kandungan kafein biji kopi bervariasi tergantung dari jenis kopi dan kondisi geografis tempat tumbuh tanaman kopi. Kopi arabika mengandung kafein 0,4-2,4% dan kopi robusta mengandung kafein 1-2%.

#### F. Keasaman (pH)

Nilai pH merupakan ukuran tingkat keasaman (asiditas) atau kebasaan (alkaliditas) suatu bahan/larutan dan dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen ( $H^+$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa keasaman (pH) produk kopi bubuk berkisar antara 4,75-6,94 (Gambar 3). Menurut Volk (1993) di dalam Yudiali et al (2008) keasaman (pH) diukur dengan suatu skala yang bukan merupakan nilai absolut, tetapi bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional.

Keasaman (pH) produk kopi *mix* meningkat seiring dengan proses penyangraian. Hal tersebut disebabkan terbentuknya asam-asam tertentu selama penyangraian. Di samping itu dapat juga disebabkan hilangnya kandungan tannin karena proses penyangraian. Ridwansyah (2003) menyebutkan bahwa kopi yang telah disangrai tidak lagi mengandung tannin seperti sebelum disangrai. Di samping itu Yusdiali et al (2008) menyatakan bahwa nilai keasaman semakin meningkat seiring dengan semakin tinggi dan lamanya proses penyangraian.

Seduhan kopi secara alami mempunyai rasa sedikit asam, yang secara kuantitatif dapat dideteksi melalui pengukuran nilai pH seduhannya. Mulato dan Suharyanto (2012) menyatakan bahwa kurang lebih 70% asam khlorogenat akan terurai selama proses penyangraian dan menghasilkan senyawasenjawa asam alifatik sederhana seperti asam asetat, sitrat, malat dan piruvat. Asam-asam tersebut mempunyai kontribusi dalam menciptakan sensasi rasa asam pada seduhan kopi.

#### G. Keadaan

Keadaan yang menjadi parameter mutu mencakup rasa, bau dan warna, baik menurut SNI 01-3542-2004 (kopi bubuk) maupun SNI 2983:2014 (kopi instan). Penelitian menunjukkan bahwa keadaan (rasa, bau dan warna) produk kopi *mix* berbahan baku robusta adalah normal. Hal tersebut banyak kaitannya dengan proses penyangraian (*roasting*) dan pemisahan benda asing.