

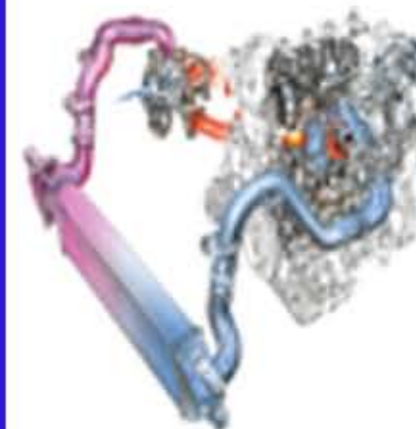
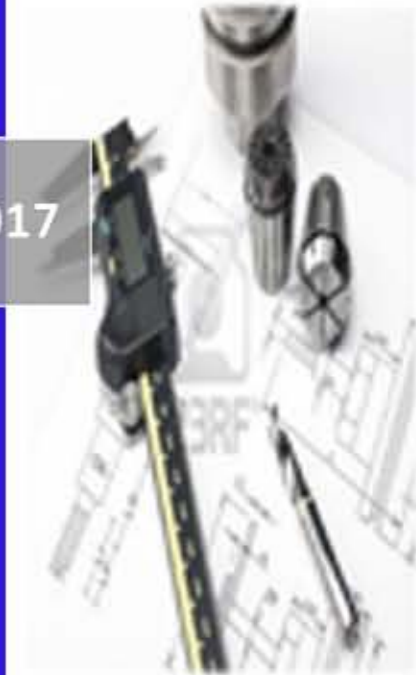
Vol. 5 No. 1 2017

ISSN 2337-6945

2017

Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology

Volume 5, Number 1
April 2017



Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology

ISSN 2337-6945

ISSN 2337-6945



Published in Lhokseumawe, Aceh-Indonesia by
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Malikussaleh University
Jl. Medan - Banda Aceh, Cot Tengku Nie, Releut, 24354, Aceh Utara
Aceh - Indonesia.

Renewable Energy Technology - Thermal Engineering - Fluids Engineering - Design,
Manufacturing, and Product Development - Kinematics, Dynamics, and Control of
Mechanical Systems - Mechatronics, Robotics and Automation - Aerodynamics -
Automotive engineering - Composites, Ceramics, and Polymers Processing -
Modeling, Simulation, and Optimization - Corrosion, Heat Treatment, Microstructure
and Materials Properties, - Metal Casting, Metal Joining Processes

ISSN: 2337-6945

PUBLISHER

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Malikussaleh University
Aceh-Indonesia

PATRONAGE

Department Head of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Malikussaleh University

EDITOR IN CHIEF

Abdul Rahman, ST., M.Eng

EXECUTIVE EDITORS

Asnawi, ST., M.Sc., Universitas Malikussaleh
Reza Putra, ST., M.Eng., Universitas Malikussaleh

ADVISORY EDITORIAL BOARDS

Prof. Dr. Ir. Khairil, MT., Universitas Syiah Kuala (Unsyiah), Indonesia
Dr. Ir. Muh. Waziz Wildan, M.Sc., Universitas Gajah Mada (UGM), Indonesia
Dr. Suyitno, M.Sc., Universitas Gajah Mada (UGM), Indonesia
Dr. Ir. Dandi Bakhtiar, M.Sc., Universitas Lampung (UNILA), Lampung-Indonesia
Dr. Riza Wirawan, ST., MT., Universitas Negeri Jakarta (UNJ), Indonesia

EDITORIAL ASSISTANTS

Kamaruddin, S.Sos
Ainul Mardiah, Amd

Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology is published two times a year and contains academic articles on Mechanical engineering. The aim of this journal is to publish theoretical and empirical articles that are aimed to contrast and extend existing theories, and build new theories that contribute to advance our understanding of phenomena related with mechanical engineering, from the perspectives of (1) Renewable energies technology, (2) Thermal Engineering, (3) Fluids Engineering, (4) Design, Manufacturing, and Product Development, (5) Kinematics, Dynamics, and Control of Mechanical Systems, (6) Mechatronics, Robotics and Automation, (7) Aerodynamics, (8) Automotive engineering, (9) Composites, ceramics, and polymers processing, (10) Modeling, simulation, and optimization, (11) Corrosion, Heat treatment, microstructure and materials properties, (12) Metal casting, metal-joining processes. The contributions can adopt confirmatory (quantitative) or explanatory (mainly qualitative) methodological approaches. Theoretical essays that enhance the building or extension of theoretical approaches are also welcome. MJMST selects the articles to be published with a double blind, peer review system, following the practices of good scholarly journals.

All manuscripts can be submitted to editor by email to: mehsciotech@gmail.com and will be reviewed by referee. Correspondent address can be mailed to: Editor of Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Jl. Medan - Banda Aceh, Cot Tengku Nie, Releut, Aceh Utara, Aceh – Indonesia.

Content

Editorial Board Content

- Akhyar Ibrahim, Ilyas Yusuf dan Cut Aja Rahmawati**, Economic Empowerment for Santri By Making Pulp Paper in Dayah of Ulumuddin, Lhokseumawe 1-5
- Samsul Anwar**, Peramalan Suhu Udara Jangka Pendek di Kota Banda Aceh dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) 6-12
- Bukhari, Ilyas Yusuf, and Mawardi**, Design of Quarter Car Test Bench to Measure Forces on the Tire Contact Path 13-16
- Edy Yusuf**, Analisa Kekuatan Tarik Serat Tunggal Pelepah Lontar Dengan 15% NaOH 17-20
- Zulfahmi**, Uji Stress-Strain Mekanik Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKSS) Akibat Pembebanan Statis 21-23

Guide To Contributors

Economic Empowerment for Santri By Making Pulp Paper in Dayah of Ulumuddin, Lhokseumawe

Akhyar Ibrahim 1), Ilyas Yusuf 2) dan Cut Aja Rahmawati 3)

¹⁾ Mechanical Engineering Department, Lhokseumawe State Polytechnics, Aceh 24375

^{2,3)} Chemical Engineering Department, Lhokseumawe State Polytechnics, Aceh 24375

Corresponding Author: akhyaris@yahoo.com

Abstrak – *Ulumuddin foundation situated between the coastal area and forest area is surrounded by traditional and industry plantation. The foundation has been holding some boarding school education such as SDIT, MTs, MA, and SMK, and especially Traditional Islamic School (Dayah). Most of santri look like lack of living cost because they only hope the morney from their parent who is only pre whealfers' family. Given these circumstances, an effort was needed to improve the santris' life. A partnership in technology, mentoring and capital provision was taken through the Ipteks bagi Masyarakat (IbM) Program. A design of big blender was prepared and introduced to two group of santri. A group of ten santri was involved to the program of making pulp system technology aimed to increase the partners' revenue. The results of the cost analysis concluded that the rate of return was 30%; the Break Event Point (BEP) was Rp.7.500/kg pulp; and return of inverment period was 0.6 years in-service. Copyright © 2017 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.*

Keywords: *pulp, rabish, paper, banana tree, dried leaf*

1 Introduction

Ulumuddin foundation located in Village of Uteuen Kot - Cunda, Sub – district of Muara Dua, Lhokseumawe is one of the foundations where organizes dayah / pesantren education and Integrated Islamic Primary School (IIPS), Madrasah Tsanawiyah, Madrasah Aliyah and Vocational High School situated on 2.5 Ha land area based on Notarial Deed. 50 Dated March 23, 1988. With this integrated education system, almost all students are harassed; their living expenses are a serious problem must faced by stakeholders. Given these conditions need to be an effort to improve the economy and require partners to create science and technology, guidance, assistance and granting of venture capital. Therefore, the design of paper-making technology needs to be directed to increase the income of santri. Pulp Paper is one of the commodities for the domestic market and non-oil and gas export, which is very potential to be developed. Most pulp papers are required in the artistic field, wrapping pouch, cardboard, and others in various sizes and shapes.

Therefore, santri creativity development effort with

simple technology of pulp paper process in Dayah Ulumuddin, Lhokseumawe is very relevant to be done with partnership pattern (where the Polytechnic through IbM program is responsible for assembling big blender technology and additional equipment, procurement of raw materials and materials Additional materials, and coaching/ counseling, while partner manages pulp-making paper with full responsibility). With the above advantages, small pulp paper manufacturing with raw materials from used paper waste, straw, banana and dried leaves, will have enormous potential to be replicated or exemplified in every dayah others who have a land or situation suitable for the implementation of pulp paper manufacture with a simple technology system. Moreover, many alumni dayah/pesantren that is not independent financially, today, because as long as they live life as students are not equipped with skills to make a living independently. Therefore, pulp paper making technology is needed by partners in increasing income and welfare, for example pulp paper production can be marketed through business unit (shop) Koperasi Dayah Ulumuddin and the others.

2 Method of Implementation

The method of implementing the activities describes the solutions offered to solve the problems that contain the following matters; Identification of problems faced by partners, Justification of partner teams in determining priority issues that must be addressed, approaches to solve partner problems and work procedures to support the realization of the methods offered

3 Deskripsi Result and Discussion

Implementation of community service activity of IbM scheme on business to increase income of santri by applying the technology of pulp paper making and by utilizing waste paper waste, dry straw (dry rice), dried banana trees, and dried leaves in Dayah of Ulumuddin, Uteunkot Village, Muara Dua Sub-district, Lhokseumawe which involving the some santri dayah has been implemented 100% program that is; Socialization and training of pulp paper making and dissemination of pulp paper utilization.

3.1. Identify Problems faced by partners

From the results of identifying the problems that have been described above, it has formed a creative group of santri business in the form of partners by providing facilities in the form of pulp paper technology and equipment. Waste paper pile (Figure 1), dry leaf litter (Figure 2) and large Blender (Figure 3) to disintegrate the waste materials into pulp paper raw materials.



Fig. 1. Pile of waste papers



Fig. 2. Pile of dry leaf litter



Fig. 3. Big blender as assembled

3.2. Big Blender Assembly

Pulp paper technology requires better raw materials crusher. To that end, the executor of IbM seeks to create and assemble a large Blender suitable for small-scale industrial conditions. This Large Blender Framework is made of St42 steel such as U and L profiles and used steel or tube plates that fit the design dimensions. The overall dimension of this large blender is 60 cm x 45 cm x 45 cm with the diameter and height of each container 26 cm and 28 cm. So the production capacity of slurry is about 5 kg each time the destruction process. The frame shape can be seen in Figure 4.



Fig. 4. Big blender frames (in assembling)

3.3. Pulp Screen Assembly

Pulp screening apparatus is used gauze with 54T mesh and 61T mesh, but they can also be used gauze of steel, copper, and others with certain mesh. The gauze is mounted on a wooden frame as can be shown in Figure 5.



Fig. 5. Pulp screen assembling

3.4. Soaking Process

Before soaking or immersion, the raw materials that have been through the process of chopping and drying. This soaking process serves to soften chemically on the raw materials of waste paper, straw, banana trees and dried leaves. The soaking process is in a container with containing water and accelerated by adding NaOH, Na₂CO₃, Peroxide and or Bayclean as well as meaningful for bleaching of the pulp; And for all mixed materials to be stirred as shown in Fig. 6.



Fig. 6. Stirring the soaked pulp raw materials

3.5. Rough blending

For the destroying pulp raw materials after soaking process is used a big blender (which was assembled earlier). Even, some raw materials are not only subjected to soaking process, but also they have to boiled up to two hours to remove the lignin easily. So that raw material blending can be done effectively. Charging a big blender with pulp can be shown in Figure 7.



Fig. 7. Pouring pulp into big blender

3.6. Smooth Blending

Pulp that has been destroyed with a big blender is usually still relatively rough forms, and then the further process of blending is done again with a small blender, or household-scale blender to obtain a very fine pulp. In addition, the fox glue also needs to be crushed so that the fineness level is equal to the pulp smoothness level. This process can be shown in Figure 8.



Fig. 8. Smoothing with small blender

3.7. Pulp paper printing

Pulp paper and very fine glue fox are mixed perfectly in large aluminum containers with containing water, then the screen is dipped and carefully lifted to equal and the same thickness of pulp above, as shown in Figure 9. Pulp paper filtered sticky by using the screen, then carried still in balance (see Figure 10), and carefully stuck and scrap onto a triplex surface with a cloth on the sloping table, as shown in Figure 11.



Fig. 9. Screening the pulp paper



Fig.10. Lifting the screen of pulp paper



Fig. 11. Adjusting the pulp screen to triplex on a sloping table

3.8. Drying of pulp paper

When the pulp paper is adhered well to the triplex surface, the triplex is brought out for direct drying with sunlight (see Figure 12), or other dryers such as a blow dryer are used for improved drying. To obtain a good pulp paper quality, the drying process should be carried out at a temperature range of 30 - 45 oC with relative humidity ranging from 60 to 80%. Dry pulp paper is a product of this devotion can be made in a variety of interesting colors as can be seen in Figure 13.



Fig. 12. Drying pulp in direct sunlight



Fig. 13. Pulp paper products in some colors

3.9. Business Analysis

Business analysis is an essential activity for sustainable business. The analysis of pulp paper making business varies widely, this is due to the calculation of operational costs depending on the size of the unit of a business, the type of equipment and materials used and access to raw material resources. The analysis of this business is the analysis of pulp paper pulp industry with the following details:

1. The investment of pulp equipment's, raw materials and added materials made of 1 (one) set with the home industry scale as described above without being equipped with a special factory building is estimated to average production capacity of 15 kg per hour pulp paper pulp.
2. If raw materials can be self-cultivated by creative group with defect rate of pulp product about 20%.
3. Pulp Paper is sold in a pulp state at a business location for Rp. 15,000 per kg.
4. The life assumptions of equipment's are three years (3 years x 12 months x 24 days x 8 hours = 6,912 working hours) daily, monthly, and annual maintenance and repair, with a 20% of depreciation rate.
5. The 30% of profit rate with estimated BEP Rp. 7.500 per kg with return of investment period of 0.6 years.

4 Conclusion

Based on this activity can be concluded that: Pulp paper manufacturing in business unit with production capacity of 15 kg per hour and prediction of pulp product defect about 20%. If the selling price of pulp paper products is Rp. 15,000 per kg, assuming maintenance cost and depreciation value of 20%. The profit rate are 30% and BEP Rp. 7.500 / kg of pulp paper, so the return of investment period is estimated at 0.6 years.

5 Acknowledgment

The authors appreciate to the creative santri group and leader and his staff members of Ulumuddin foundation, Lhokseumawe for participating in this program successfully. The authors also express thanks to the Directorate of Research and Community Service of DIKTI and Research and Community Service Unit of Lhokseumawe State Polytechnics which has funded this program through the 2016 lbM Grant.

References

- [1] Anonimus. 2010. *Gamba Umum Kota Lhokseumawe*, Banda Aceh: Seksi Bank Data, Bidang Manajemen Database, Pelayanan Media dan Informasi, Dinas Perhubungan dan Komunikasi, Informasi dan Telematika Aceh;
- [2] Ayunda, Vivien, *et.al.*, 2014. "Pembuatan dan Karakteristik Kertas dari Daun Nenas dan Enceng Gondok," *Makalah*, Dept. Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan;
- [3] Badan Pusat Statistik, 2014. *Lhokseumawe Dalam Angka*, Lhokseumawe: Badan Pusat Statistik;
- [4] Biormenn, J. Cristopher, 1996, 1996. *Handbook of Pulping and Paper Making*, 2nd Edition, California: Academic Press Inc.;
- [5] Bocah, 2009. *Teknologi Ramah Lingkungan untuk Industri Pulp dan Kertas*, Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- [6] Dahlan, M.H., 2011. "Pengolahan Limbah Kertas Menjadi Pulp sebagai Bahan Pengemas Produk Agroindustri," *Prosiding Seminar Nasional AvoER 3*, Palembang, 26 – 27 Oktober 2011, hlm. 278 – 282;
- [7] Salim, Emil, 2011. *Dari Limbah Menjadi Rupiah: Mudah & Praktis Mengolah Limbah Industri Skala Rumah Tangga*, Yogyakarta: Lily Publisher.
- [8] Wibisono, Ivan, *et.al.*, Pembuatan Pulp dari Alang-alang, *Jurnal Widya Teknik*, Vol. 10, No. 1, 2011, hlm. 11 – 20;

Peramalan Suhu Udara Jangka Pendek di Kota Banda Aceh dengan Metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)

Samsul Anwar

Program Studi Statistika, Fakultas MIPA, Universitas Syiah Kuala

Corresponding Author: samsul.anwar@unsyiah.ac.id

Abstrak – Seiring perkembangan zaman, tingkat kebutuhan akan data dan informasi mengenai cuaca menjadi semakin tinggi. Informasi cuaca tersebut digunakan oleh Pemerintah, pihak swasta maupun masyarakat umum untuk berbagai keperluan. Di Indonesia, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) adalah lembaga resmi yang menyediakan dan mendistribusikan informasi cuaca. Kebutuhan akan penyediaan dan pelayanan data cuaca yang semakin meningkat, menuntut BMKG untuk dapat menyiapkan dan memberikan data secara cepat, akurat dan tepat. Dengan demikian, dibutuhkan pengembangan metode dan cara baru dalam upaya penyediaan data dibidang ini. Peramalan keadaan cuaca yang akurat merupakan salah satu solusi dalam upaya penyediaan data cuaca. Jenis peramalan cuaca yang biasa dilakukan adalah jenis peramalan jangka pendek. Suhu udara merupakan salah satu unsur penting yang menggambarkan keadaan cuaca disuatu wilayah. Informasi suhu udara harian yang disediakan BMKG biasanya berupa suhu udara minimum dan suhu udara maksimum. Salah satu metode yang dapat diandalkan dalam peramalan cuaca jangka pendek adalah metode Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) yang sangat cocok untuk data yang tidak stasioner. Dimana data unsur cuaca pada umumnya bersifat tidak stasioner. Model ARIMA terbaik untuk meramalkan suhu udara harian di Kota Banda Aceh adalah model ARIMA (0,2,5) untuk suhu udara minimum dan model ARIMA (0,2,3) untuk meramalkan suhu udara maksimum. Berdasarkan hasil peramalan dengan kedua model ARIMA tersebut, diketahui bahwa suhu minimum Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 diperkirakan berkisar antara 23 – 24°C, dengan interval kepercayaan 95% akan berada antara 22 - 26°C. Sedangkan untuk suhu udara maksimum, nilai peramalan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh diperkirakan berkisar pada suhu 32°C dengan selang kepercayaan 95% akan berada diantara 28 - 36°C. Ketepatan dan keakuratan hasil peramalan akan semakin meningkat apabila jumlah periode yang akan diramalkan semakin diperkecil. Copyright © 2017 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: BMKG, Cuaca, Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA), Stasioner, Suhu Udara Minimum dan Maksimum.

1 Pendahuluan

Informasi mengenai keadaan cuaca dan iklim merupakan hal yang sangat penting bagi banyak pihak. Pihak-pihak yang memanfaatkan informasi keadaan cuaca antara lain pemerintah, swasta dan kelompok masyarakat umum lainnya. Informasi tersebut digunakan untuk berbagai kepentingan misalnya sebagai bahan pendukung perencanaan pembangunan, mulai dari sektor transportasi, pertanian, perekonomian sampai dengan sektor kesehatan lain sebagainya. Di Indonesia, Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) merupakan badan resmi yang bertugas untuk menyediakan dan mendistribusikan data keadaan cuaca kepada para pihak yang membutuhkan data tersebut.

Saat ini kebutuhan akan informasi cuaca sudah semakin meningkat, seiring dengan semakin banyaknya pihak yang menggunakan dan memanfaatkan informasi tersebut. Oleh karena itu, BMKG dituntut untuk dapat memberikan informasi yang cepat, akurat dan tepat. Dengan demikian, perkembangan ilmu pengetahuan dalam upaya menjawab tantangan tersebut menjadi semakin penting. Dibutuhkan metode-metode baru yang dapat mengakomodasi kebutuhan akan informasi cuaca yang semakin kompleks tersebut. Peramalan keadaan cuaca merupakan salah satu solusi yang bisa dipakai dalam upaya memecahkan masalah penyediaan data tersebut. Peramalan yang baik harus memiliki nilai akurasi dan presisi yang tinggi. Melakukan peramalan

dengan tingkat akurasi dan presisi yang tinggi merupakan pekerjaan yang tidak mudah. Disamping itu, peneliti juga dituntut untuk memahami sifat-sifat atmosfer atau dinamika atmosfer, dan diperlukan pengalaman dan keberanian dalam membuat keputusan suatu prakiraan [1].

Salah satu unsur cuaca yang sangat penting adalah suhu udara. Suhu udara dalam kurun waktu beberapa dekade belakangan ini terus mengalami peningkatan. Hal ini merupakan salah satu indikator yang menunjukkan adanya fenomena perubahan iklim di sekitar kita. Perubahan iklim tersebut akan mempengaruhi banyak hal, mulai dari permasalahan lingkungan, kesehatan, hingga perencanaan pembangunan. Oleh karena itu, pengembangan metode peramalan cuaca merupakan masalah penting yang perlu untuk diperhatikan. Peramalan cuaca dapat berupa peramalan jangka pendek maupun peramalan jangka panjang. Peramalan suhu udara dalam jangka pendek memiliki peranan yang semakin penting sejalan dengan semakin meningkatnya permintaan akan informasi cuaca secara cepat. Data mengenai cuaca pada umumnya bersifat tidak stasioner. Oleh karena itu, salah satu metode yang dapat digunakan untuk peramalan suhu udara jangka pendek adalah metode time series Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA).

2 Kajian Literatur

2.1. Cuaca Dan Suhu

Menurut kamus bahasa Indonesia, cuaca adalah keadaan udara pada suatu tempat tertentu dengan jangka waktu yang terbatas [2]. Beberapa unsur penting dari keadaan cuaca antara lain: suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, curah hujan, lama penyinaran dan unsur-unsur lainnya. Cuaca merupakan kondisi atmosfer dalam jangka pendek dalam suatu wilayah yang relatif kecil, sedangkan iklim adalah keadaan cuaca dalam jangka panjang dalam wilayah yang lebih luas. Dengan demikian, perubahan iklim sangat bergantung pada perubahan cuaca dalam jangka yang panjang di area yang relatif luas. Data cuaca direkam secara rutin melalui stasiun-stasiun pengamatan cuaca milik BMKG. Data tersebut direkam dalam interval waktu tertentu, misalnya per-jam, per-hari maupun dalam interval waktu lainnya. Suhu udara merupakan salah satu unsur yang sangat penting dari keadaan cuaca. Suhu udara dalam suatu wilayah biasanya diukur dalam dua kondisi atau keadaan, suhu udara minimum dan suhu udara maksimum. Suhu udara minimum adalah suatu keadaan dimana suhu udara pada suatu wilayah berada pada titik terendah dalam interval waktu tertentu, biasanya dalam interval satu hari. Sedangkan suhu udara maksimum adalah keadaan dimana suhu udara di wilayah tertentu berada pada titik tertinggi pada hari yang bersangkutan.

2.2. Peramalan Runtun Waktu (Time Series) ARIMA

Analisis runtun waktu (*time series*) adalah sebuah metode statistik yang dipakai untuk menemukan pola data dimasa lalu yang dapat digunakan untuk meramalkan pola data dimasa yang akan datang. Salah satu asumsi penting yang harus dipenuhi dalam pemodelan data *time series* adalah stasioneritas. Suatu data *time series* dikatakan bersifat stasioner apabila data tersebut memiliki nilai rata-rata yang konstan dan tidak tergantung pada unsur waktu t , serta memiliki nilai fungsi autokovarian pada waktu t dan s yang hanya bergantung melalui nilai absolut jarak antar kedua waktu tersebut [3]. Secara umum, hal ini menunjukkan bahwa struktur data *time series* pada proses yang stasioner tidak dipengaruhi oleh waktu. Apabila asumsi stasioneritas belum dipenuhi, maka data *time series* tersebut perlu untuk distasionerkan dengan cara dilakukan *differencing* pada datanya. *Differencing* adalah proses transformasi data dengan cara mengambil nilai selisih antar d buah periode peramalan, biasanya dinotasikan dengan *difference* orde d . Proses *differencing* ini akan membuat data *time series* menjadi stasioner. *Differencing* order pertama untuk data *time series* y_1, y_2, \dots, y_n adalah: $z_t = y_t - y_{t-1}$, untuk $t = 2, \dots, n$. *Differencing* order kedua diperlukan apabila *difference* order pertama masih belum stasioner. Demikian selanjutnya dilakukan *difference* dengan order yang lebih tinggi sampai diperoleh kondisi data yang stasioner.

Untuk data stasioner *time series* z_t, z_{t+1}, \dots, z_n , fungsi *autokorelasi* sampel pada lag ke- h , didefinisikan sebagai: $\rho(h) = \frac{\gamma(t+h,t)}{\sqrt{\gamma(t+h,t)\gamma(t,t)}} = \frac{\gamma(h)}{\gamma(0)}$, dimana $\gamma(h) = \text{cov}(z_{t+h}, z_t) = E[(z_{t+h} - \mu)(z_t - \mu)]$. Dengan catatan $-1 \leq \rho(h) \leq 1$ untuk semua h . Sebagai tambahan, nilai *ACF* dapat digunakan untuk mendeteksi stasioneritas data *time series*. Sedangkan fungsi *autokorelasi parsial* untuk data stasioner *time series* z_t, z_{t+1}, \dots, z_n , ϕ_{hh} , untuk $h=1,2,\dots$, adalah $\phi_{11} = \text{corr}(z_{t+1}, z_t) = \rho(1)$, dan $\phi_{hh} = \text{corr}(z_{t+h} - \hat{z}_{t+h}, z_t - \hat{z}_t)$, $h \geq 2$, dimana nilai $(z_{t+h} - \hat{z}_{t+h})$ dan $(z_t - \hat{z}_t)$ tidak berkorelasi dengan nilai $\{z_{t+1}, \dots, z_{t+h-1}\}$.

Model *time series Moving Average* order q , $MA(q)$, didefinisikan sebagai:

$z_t = a_t - \theta_1 a_{t-1} - \theta_2 a_{t-2} - \dots - \theta_q a_{t-q}$, dimana a_t adalah *Gaussian white noise* dengan nilai rata-rata nol dan varian σ_a^2 , sedangkan θ_j adalah parameter yang tidak diketahui nilainya. Model $MA(q)$ juga bisa ditulis dalam persamaan matematis: $z_t = a_t(1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p)$ atau sama dengan $z_t = a_t \theta(B)$, dimana $\theta(B)$ adalah operator *moving average*, $\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_p B^p$, dan B adalah operator *Backshift*, $B a_t = a_{t-1}$, $B^2 a_t = a_{t-2}$, ..., $B^p a_t = a_{t-p}$.

Model *time series Autoregressive* order p , $AR(p)$, didefinisikan sebagai:

$z_t = \delta + \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$, untuk nilai rata-rata z_t tidak sama dengan nol. Dimana a_t adalah *Gaussian white noise* dengan nilai rata-rata nol dan varian σ_a^2 . Sedangkan θ_j adalah parameter yang tidak diketahui nilainya, dan $\delta = \mu(1 - \phi_1 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$.

Namun jika rata-rata z_t bernilai nol, maka model $AR(p)$ diatas dapat ditulis dalam persamaan sebagai berikut: $z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + \dots + \phi_p z_{t-p} + a_t$. Selain itu juga dapat ditulis dalam persamaan: $(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)z_t = a_t$ atau sama dengan $\phi(B)z_t = a_t$, dimana $\phi(B)$ adalah operator *autoregressive*, $\phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$, dan B adalah operator *Backshift*, $Bz_t = z_{t-1}$, $B^2 z_t = z_{t-2}$, ..., $B^p z_t = z_{t-p}$ [3].

Autoregressive Integrated Moving Average, $ARIMA(p,d,q)$ adalah sebuah model peramalan data *time series* non-stasioner yang telah distasionerkan melalui proses *differencing* pada order d . Selain itu, model ini juga terdiri dari dua buah komponen model *time series*, yaitu model *Autoregressive* order p dan model *Moving Average* order q . Model *time series ARIMA* yang tidak mempunyai bagian *Moving Average* juga bisa ditulis sebagai model $ARI(p,d)$, sedangkan model *time series ARIMA* yang tidak memiliki bagian *Autoregressive* juga bisa ditulis sebagai model $IMA(d,q)$.

Model $ARIMA(p,d,q)$ secara umum ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$\phi(B)(1 - B)^d z_t = \theta(B)a_t$, untuk kondisi $E(\nabla^d z_t) = 0$, $\nabla^d z_t = (1 - B)^d z_t$. Dimana $\phi(B)$ adalah operator *autoregressive* model $AR(p)$ dan $\theta(B)$ adalah operator *moving average* model $MA(q)$. Sedangkan jika nilai $E(\nabla^d z_t) = \mu$, maka model $ARIMA(p,d,q)$ dapat ditulis dalam persamaan matematis: $\phi(B)(1 - B)^d z_t = \delta + \theta(B)a_t$, dengan $\delta = \mu(1 - \phi_1 - \dots - \phi_p)$ [3].

Proses identifikasi model *time series* melalui pengamatan pola data pada masa lampau merupakan langkah penting dalam proses peramalan. Proses identifikasi tersebut dapat dilakukan melalui penilaian terhadap plot *Autocorrelation Function (ACF)* dan *Partial Autocorrelation Function (PACF)* dari data *time series*. Berdasarkan plot *ACF* dan *PACF* tersebut, dapat diperkirakan model *time series* yang diharapkan dapat memberikan hasil peramalan dengan residual/error yang kecil. Fungsi *autokorelasi* dapat memberikan gambaran awal model *Moving Average (MA)*, sedangkan fungsi *autokorelasi parsial (PACF)* memberikan gambaran awal model *Autoregressive (AR)* [4]. Petunjuk identifikasi model tersebut dapat dilihat secara mendetail pada Lampiran 1.

Model $ARIMA$ yang baik adalah model yang memiliki nilai *AIC (Aikake Information Criterion)* yang minimal. Nilai *AIC* diformulasikan sebagai $AIC = 2k - 2\text{Log}(L_k)$,

dimana k adalah jumlah parameter yang diestimasi didalam model, dan L_k adalah nilai maksimum dari fungsi *likelihood* model peramalan [3]. Selain itu, dalam melihat kinerja dari suatu model peramalan, nilai *RMSE (Root Mean Square Error)* dapat menjadi kriteria dalam menentukan model peramalan mana yang memberikan tingkat kesalahan yang kecil. Model peramalan yang baik adalah model peramalan yang memiliki nilai *RMSE* yang paling kecil. *RMSE* diformulasikan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2 / n}, \text{ dimana } e_t \text{ adalah nilai}$$

residual/error pada periode waktu t yang merupakan selisih antara nilai aktual dengan nilai peramalan pada periode waktu t tersebut. Sedangkan n adalah jumlah pengamatan yang dipakai dalam memodelkan data [5].

3 Metode Penelitian

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah jenis data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak lain, dalam hal ini adalah data dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data yang diambil adalah data suhu udara minimum dan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh yang diukur melalui Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda [6]. Data yang diambil tersebut merupakan data harian, mulai dari tanggal 1 Januari 2010 sampai dengan tanggal 30 Nopember 2016, atau dengan kata lain terdapat 2.320 buah data suhu udara harian yang digunakan dalam penelitian ini. Diantara keseluruhan data yang dipakai tersebut, terdapat beberapa data yang nilainya *missing* sehingga nilai data tersebut digantikan dengan nilai tengah/*median* dari keseluruhan data lainnya. *Missing* data tersebut mungkin saja disebabkan oleh faktor kerusakan mesin, *human error*, maupun karena unsur lainnya. Metode statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode peramalan *Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Tujuan penggunaan metode ini adalah untuk meramalkan keadaan suhu udara minimum dan maksimum harian di Kota Banda Aceh yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang. Peramalan tersebut dilakukan hanya untuk jangka pendek, yaitu selama satu bulan (31 hari). Peramalan untuk jangka yang lebih panjang bisa dilakukan dengan memperbaharui data suhu udara dan kemudian melakukan peramalan ulang, atau bisa juga dengan menggunakan metode peramalan lainnya yang lebih cocok untuk peramalan jangka panjang. Pengolahan data dengan metode $ARIMA$ menggunakan *software R versi 3.2.2 windows* dengan *package tseries* [7] dan *forecast* [8].

4 Hasil dan Pembahasan

4.1. Eksplorasi Data

Eksplorasi data dapat memberikan gambaran awal mengenai objek penelitian, dimana akan diketahui kecenderungan data, nilai terendah maupun tertinggi, besarnya penyimpangan (deviasi) yang terjadi dalam data serta nilai-nilai statistik penting lainnya yang dapat menggambarkan keadaan data secara umum. Statistik deskriptif untuk data suhu udara minimum dan maksimum diberikan pada Tabel 4.1. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa jumlah data yang digunakan dalam proses peramalan ini adalah sebanyak 2.320 data harian, dengan nilai terendah pada kategori suhu udara harian minimum adalah sebesar $15,60^{\circ}\text{C}$ dan suhu teringginya adalah sebesar $28,20^{\circ}\text{C}$, dengan rata-rata suhu udara minimum sebesar $23,06^{\circ}\text{C}$. Sementara untuk kategori suhu udara harian maksimum, data terendah yang tercatat selama kurun waktu 6 tahun adalah sebesar $22,60^{\circ}\text{C}$ dan suhu tertinggi sebesar $38,20^{\circ}\text{C}$ dengan rata-rata suhu sebesar $32,55^{\circ}\text{C}$. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa selama periode waktu dari bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Nopember 2016, rata-rata suhu udara harian di Kota Banda Aceh berkisar antara $23,06^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $32,55^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.1. Statistik deskriptif suhu udara di Kota Banda Aceh

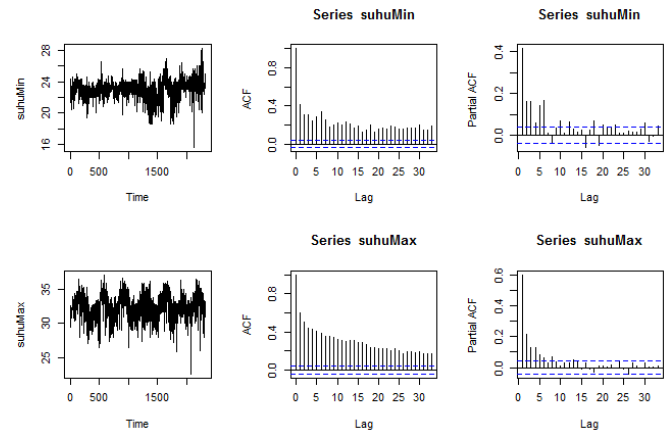
Statistik Deskriptif	Suhu Udara Minimum ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Udara Maksimum ($^{\circ}\text{C}$)
Jumlah Data	2.320	2.320
Range	12,60	14,60
Nilai Terendah	15,60	22,60
Nilai Tertinggi	28,20	37,20
Mean	23,06	32,55
Std. Deviasi	1,11	1,68

Sumber: BMKG tahun 2016, diolah

4.2. Peramalan model ARIMA

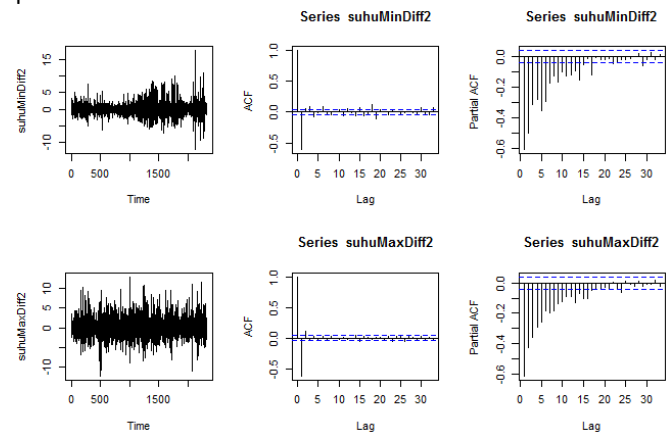
4.2.1. Stasioneritas Data

Plot data awal, *Autocorrelation Function* (ACF) dan *Partial Autocorrelation Function* (PACF) untuk masing-masing suhu udara minimum dan suhu udara maksimum diberikan pada Gambar 4.1. Suhu udara minimum digambarkan pada baris pertama, sedangkan suhu udara maksimum digambarkan pada baris kedua dalam Gambar 4.1 tersebut. Plot ACF bisa digunakan sebagai alat untuk mendeteksi apakah data awal stasioner atau tidak. Apabila plot ACF menunjukkan nilai autokorelasi pada setiap *lag* menurun secara lambat dan berada diluar interval nilai standar errornya (garis putus-putus biru), maka bisa diidentifikasi bahwa data awal tersebut tidak stasioner sehingga perlu dilakukan *differencing* data.



Gambar 4.1 Plot data, ACF dan PACF dari data awal

Berdasarkan pertimbangan kriteria tersebut, dan dengan melihat plot ACF untuk masing-masing suhu udara pada Gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa data awal suhu udara minimum dan suhu udara maksimum tidak stasioner. Sehingga perlu dilakukan *differencing* pada kedua data tersebut. Untuk mencapai kondisi stasioner, data suhu udara minimum dan maksimum harus melalui *differencing* dengan order 2 yaitu melakukan *differencing* pada data yang telah dilakukan *differencing* pada order pertama sebelumnya. Plot data setelah *differencing* order 2 beserta plot ACF dan PACF untuk kedua variabel suhu udara tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Plot data, ACF dan PACF setelah *difference* order 2

4.2.2. Identifikasi Model Time Series ARIMA

Selain untuk mendeteksi stasioneritas data, plot ACF dan PACF dari data yang telah stasioner juga bisa digunakan untuk melakukan identifikasi model ARIMA. Dimana plot ACF digunakan untuk menentukan model MA (*moving average*) dan plot PACF digunakan untuk menentukan model *Autocorrelation* (AR). Proses identifikasi model *time series* melalui plot ACF dan PACF secara lebih detail bisa dilihat pada *Lampiran 1*. Dengan melihat plot ACF dan PACF untuk data suhu udara minimum, diketahui bahwa nilai autokorelasi suhu udara minimum pada plot ACF terpotong setelah *lag* ke-5,

sedangkan nilai autokorelasi parsial pada plot *PACF* menurun secara eksponensial. Dengan demikian, model *time series* yang cocok untuk data suhu udara minimum adalah model *ARIMA(0,2,5)*, atau bisa juga disebut dengan model *Integrated Moving Average, IMA(2,5)*, dimana angka 2 adalah order *differencing* dan angka 5 adalah order dari model *MA*. Sementara itu, plot *ACF*

untuk data suhu maksimum menunjukkan bahwa nilai autokorelasinya terpotong pada *lag* ke 3, sedangkan nilai autokorelasi parsial pada plot *PACF* juga menurun secara eksponensial seperti yang terjadi pada suhu udara minimum. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa model *ARIMA* yang paling cocok untuk suhu udara maksimum adalah model *ARIMA(0,2,3)* atau bisa juga ditulis dalam model *IMA(2,3)*.

4.2.3. Estimasi Parameter Model

Data suhu udara minimum dan maksimum selanjutnya digunakan untuk mengestimasi nilai parameter dari masing-masing model yang telah diidentifikasi pada tahap sebelumnya. Dimana peramalan suhu udara minimum menggunakan model *ARIMA(0,2,5)*, sedangkan peramalan suhu udara maksimum menggunakan model *ARIMA(0,2,3)*. Seperti yang telah dibahas sebelumnya, model *ARIMA* yang baik adalah model yang memiliki nilai *AIC* dan *RMSE* yang minimum. Nilai estimasi parameter, nilai *standard error* model, nilai *AIC* dan *RMSE* untuk masing-masing data suhu udara minimum dan maksimum ditampilkan pada Tabel 4.2. Berdasarkan tabel tersebut, diketahui bahwa untuk data suhu udara minimum, model *ARIMA (0,2,5)* memberikan 5 buah parameter model *MA* dengan *differencing* order 2 yaitu *MA(1)*, *MA(2)*, *MA(3)*, *MA(4)* dan *MA(5)* dengan koefisien parameter masing-masing sebesar -1.7139, 0.5755, 0.1564, -0.0851 dan 0.0672. Model tersebut memiliki nilai *AIC* dan *RMSE* masing-masing sebesar 6460.34 dan 0.969. Sedangkan untuk suhu udara maksimum, model *ARIMA(0,2,3)* memberikan 3 buah parameter model *MA* dengan *differencing* order 2 yaitu *MA(1)*, *MA(2)* dan *MA(3)* dengan koefisien parameter masing-masing sebesar -1.5954, 0.4188 dan 0.1766. Nilai *AIC* dan *RMSE* untuk model *ARIMA(0,2,3)* ini adalah sebesar 7776.92 dan 1.289. Dengan demikian, terlihat bahwa nilai *AIC* dan *RMSE* model *ARIMA(0,2,5)* lebih kecil dari pada nilai *AIC* dan *RMSE* model *ARIMA(0,2,3)*. Akan tetapi, kedua model ini tidak relevan untuk diperbandingkan karena kedua model tersebut diestimasi dari data yang berbeda, yaitu dari data suhu udara minimum dan suhu udara maksimum.

Tabel 4.2 Estimasi model *ARIMA*

Variabel	Model	Komponen	Koef	S.E	AIC	RMSE
Suhu Udara Minimum	<i>ARIMA (0,2,5)</i>	<i>MA(1)</i>	-1.7139	0.0212	6460.34	0.969
		<i>MA(2)</i>	0.5755	0.0409		
		<i>MA(3)</i>	0.1564	0.0435		
		<i>MA(4)</i>	-0.0851	0.0374		
		<i>MA(5)</i>	0.0672	0.0193		
Suhu Udara Maksimum	<i>ARIMA (0,2,3)</i>	<i>MA(1)</i>	-1.5954	0.0198	7776.92	1.289
		<i>MA(2)</i>	0.4188	0.0353		
		<i>MA(3)</i>	0.1766	0.0206		

Sumber: BMKG tahun 2016, diolah

4.2.4. Peramalan Suhu Udara Minimum dan Maksimum

Model *time series* yang digunakan untuk meramalkan suhu udara minimum di Kota Banda Aceh adalah model *ARIMA(0,2,5)*, dimana model tersebut dapat ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.7139e_{t-1} - 0.5755e_{t-2} - 0.1564e_{t-3} + 0.0851e_{t-4} - 0.0672e_{t-5}$$

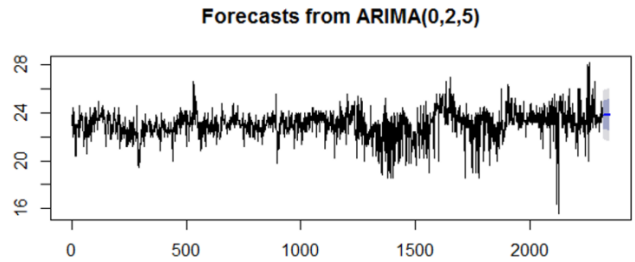
Sedangkan model *time series* yang digunakan untuk meramalkan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh adalah model *ARIMA(0,2,3)* yang dapat ditulis dalam persamaan matematis sebagai berikut:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.5954e_{t-1} - 0.4188e_{t-2} - 0.1766e_{t-3}$$

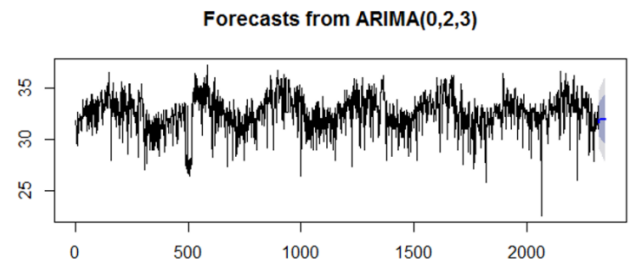
Dari persamaan model diatas, terlihat bahwa peramalan suhu udara minimum dengan model *ARIMA(0,2,5)* menggunakan 2 unsur, yaitu data terdahulu dan residual/error terdahulu. Jumlah data terdahulu yang digunakan dalam model adalah sejumlah dua buah data (Y_{t-1} dan Y_{t-2}), sedangkan residual/ error yang digunakan dalam model ini adalah sejumlah 5 buah error terdahulu (e_{t-1} , e_{t-2} , e_{t-3} , e_{t-4} dan e_{t-5}) sesuai dengan order *difference* dan order model *MA*. Sedangkan untuk peramalan suhu udara maksimum dengan model *ARIMA(0,2,3)* juga menggunakan 2 buah unsur, yaitu data terdahulu dan residual/ error terdahulu. Jumlah data terdahulu yang digunakan dalam model adalah sebanyak dua buah (Y_{t-1} dan Y_{t-2}), dan jumlah residual/ error terdahulu sebanyak 3 buah (e_{t-1} , e_{t-2} , dan e_{t-3}) sesuai dengan order *difference* dan order model *MA*. Hasil peramalan suhu udara minimum dan suhu udara maksimum di Kota Banda Aceh dengan menggunakan model *ARIMA(0,2,5)* dan *ARIMA(0,2,3)* untuk untuk bulan Desember tahun 2016 ditampilkan pada Tabel 4.3. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa peramalan suhu minimum di Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 adalah berkisar antara 23-24°C dengan interval kepercayaan 95% diantara sekitar 22°C sampai dengan 26°C. Sedangkan untuk peramalan suhu

udara maksimum Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 adalah sekitar 32^oC dengan interval kepercayaan 95% berada pada interval 28^oC sampai dengan 36^oC. Terlihat bahwa interval kepercayaan dari nilai peramalan terus mengalami pelebaran seiring bertambahnya periode peramalan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa peramalan dengan periode yang lebih sedikit akan memberikan hasil yang lebih akurat dengan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan peramalan dengan periode yang lebih panjang.

Hasil peramalan tersebut juga dapat ditampilkan dalam Gambar 4.3 dan 4.4, dimana garis horizontal yang berwarna biru tua menandakan nilai peramalannya sedangkan garis vertikal yang berwarna biru muda menandakan nilai batas atas dan nilai batas bawah peramalan suhu udara dengan taraf keyakinan 95%. Sedangkan plot yang berwarna hitam menunjukkan rekaman data awalnya. Plot data hasil peramalan untuk suhu udara minimum ditampilkan pada Gambar 4.3, sedangkan plot data hasil peramalan untuk suhu udara maksimum ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Suhu udara minimum dan hasil peramalan di Kota Banda Aceh

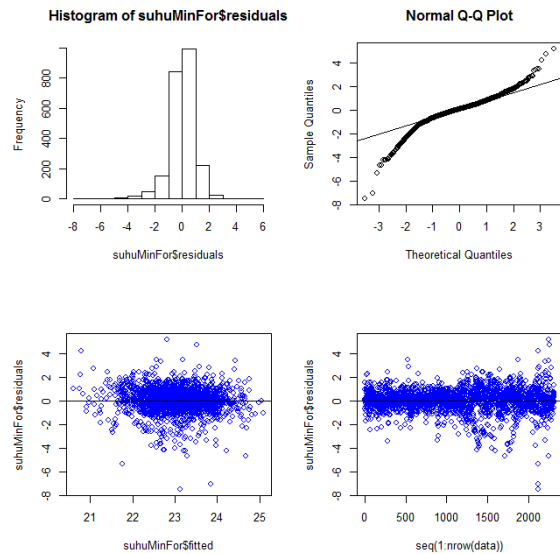


Gambar 4.4 Suhu udara maksimum dan hasil peramalan di Kota Banda Aceh

Tabel 4.3 Hasil peramalan suhu udara Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016

Tanggal	Peramalan Suhu Udara Minimum (°C)	95% Interval Kepercayaan		Peramalan Suhu Udara Maksimum (°C)	95% Interval Kepercayaan	
		Batas Bawah	Batas Atas		Batas Bawah	Batas Atas
12/1/2016	23,834	21,933	25,734	31,658	29,130	34,186
12/2/2016	23,822	21,845	25,799	31,915	29,187	34,642
12/3/2016	23,804	21,807	25,800	31,915	29,127	34,703
12/4/2016	23,814	21,792	25,835	31,916	29,068	34,763
12/5/2016	23,814	21,784	25,844	31,916	29,010	34,821
12/6/2016	23,814	21,775	25,853	31,916	28,954	34,879
12/7/2016	23,815	21,767	25,862	31,917	28,898	34,935
12/8/2016	23,815	21,759	25,871	31,917	28,843	34,991
12/9/2016	23,816	21,751	25,880	31,917	28,790	35,045
12/10/2016	23,816	21,742	25,889	31,918	28,737	35,099
12/11/2016	23,816	21,734	25,898	31,918	28,685	35,151
12/12/2016	23,817	21,726	25,907	31,918	28,634	35,203
12/13/2016	23,817	21,718	25,916	31,919	28,583	35,255
12/14/2016	23,817	21,710	25,925	31,919	28,533	35,305
12/15/2016	23,818	21,702	25,934	31,920	28,484	35,355
12/16/2016	23,818	21,694	25,943	31,920	28,436	35,404
12/17/2016	23,819	21,686	25,951	31,920	28,388	35,452
12/18/2016	23,819	21,678	25,960	31,921	28,341	35,500
12/19/2016	23,819	21,670	25,969	31,921	28,294	35,548
12/20/2016	23,820	21,662	25,978	31,921	28,248	35,594
12/21/2016	23,820	21,654	25,986	31,922	28,203	35,641
12/22/2016	23,821	21,646	25,995	31,922	28,158	35,686
12/23/2016	23,821	21,639	26,003	31,922	28,113	35,732
12/24/2016	23,821	21,631	26,012	31,923	28,069	35,776
12/25/2016	23,822	21,623	26,021	31,923	28,026	35,821
12/26/2016	23,822	21,615	26,029	31,923	27,983	35,864
12/27/2016	23,823	21,607	26,038	31,924	27,940	35,908
12/28/2016	23,823	21,600	26,046	31,924	27,898	35,951
12/29/2016	23,823	21,592	26,055	31,925	27,856	35,993
12/30/2016	23,824	21,584	26,063	31,925	27,815	36,035
12/31/2016	23,824	21,577	26,072	31,925	27,774	36,077

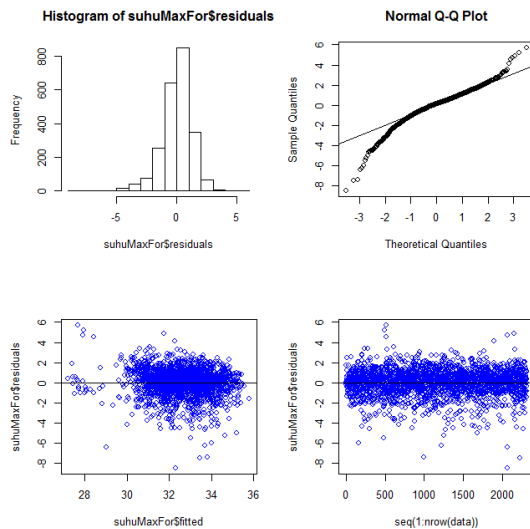
Sumber: Hasil pengolahan data



Gambar 4.5 Normalitas Residual Plot Model ARIMA(0,2,5)

Selain hasil peramalan, nilai residual/error dari model peramalan juga perlu dianalisis untuk mengetahui apakah residual/error tersebut berdistribusi normal atau tidak. Analisis terhadap nilai residual/error untuk suhu udara minimum ditampilkan pada Gambar 4.5, sedangkan analisis terhadap nilai residual/error suhu udara maksimum ditampilkan pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6, terlihat bahwa residual/error dari kedua model ARIMA yang digunakan beristribusi normal. Hal ini terlihat dari Histogram of residuals dan normal QQ Plot. Normalitas pada histogram ditandai dengan bentuk histogram dari residual/error yang menyerupai kurva yang berbentuk lonceng terbalik yang mirip dengan kurva distribusi

normal. Sedangkan normalitas melalui *QQ plot* ditandai dengan sebaran residual/error yang mendekati garis disepanjang garis diagonal *QQ plot* tersebut. Selain itu, normalitas residual/error juga dapat dilihat melalui plot antara nilai residual/error dengan nilai peramalannya serta plot antara nilai residual/error dengan urutan datanya. Sebaran nilai residual/error dalam kedua plot tersebut cenderung menyebar disekitar nilai nol pada sumbu residual/error-nya.



Gambar 4.6 Normalitas Residual Plot Model ARIMA(0,2,3)

5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas, dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Rata-rata suhu udara harian minimum di Kota Banda Aceh dalam rentang waktu bulan Januari 2010 sampai dengan bulan Nopember 2016 adalah sebesar 23,06^oC, Sementara itu, rata-rata suhu udara harian maksimumnya berada pada 32,55^oC.
2. Data *time series* suhu udara harian minimum dan maksimum di Kota Banda Aceh yang diambil pada Stasiun Meteorologi Sultan Iskandar Muda adalah tidak stasioner, sehingga digunakan model *time series Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA)*. Model yang paling cocok untuk meramalkan suhu udara minimum adalah model ARIMA(0,2,5), sedangkan untuk suhu udara maksimumnya adalah model ARIMA(0,2,3).
3. Model peramalan suhu udara harian minimum di Kota Banda Aceh adalah:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.7139e_{t-1} - 0.5755e_{t-2} - 0.1564e_{t-3} + 0.0851e_{t-4} - 0.0672e_{t-5}$$

Model peramalan suhu udara harian maksimum di Kota Banda Aceh adalah:

$$\hat{Y}_t = 2Y_{t-1} - Y_{t-2} + 1.5954e_{t-1} - 0.4188e_{t-2} - 0.1766e_{t-3}$$

4. Berdasarkan model peramalan dengan kedua model ARIMA tersebut, diketahui bahwa suhu minimum di Kota Banda Aceh pada bulan Desember 2016 diperkirakan berkisar diantara 23 – 24^oC, dengan interval kepercayaan 95% berada antara 22 - 26^oC. Sedangkan untuk peramalan suhu udara maksimum, nilai peramalan suhu udara maksimum Kota Banda Aceh pada bulan tersebut diperkirakan berkisar pada suhu 32^oC dengan selang kepercayaan 95% berada diantara 28 - 36^oC.

Referensi

- [1] Zakir, Achmad. 2004. Diklat Teknis di Lingkungan BMG: *Publik Weather Services*. BMG. Jakarta.
- [2] Kamus Bahasa Indonesia Online. www.kbbi.web.id/cuaca. Diakses pada tanggal 8 Desember 2016.
- [3] Shumway, R.H., Stoffer, D.S. 2005. *Time Series Analysis and Its Applications with R Examples*. Edisi Ketiga. USA: Springer. Hal. 23-141.
- [4] Bowerman, B.L., O’Connell, R.T., dan Koehler, A.B. 2005. *Forecasting, Time Series, And Regression*. Edisi Keempat. USA: Duxbury. Hal. 401-438.
- [5] Soejoeti, Zanzawi. 1987. *Analisis Runtun Waktu Modul 1- 9*. Karunika. Jakarta.
- [6] BMKG. Data Online-Pusat Data BMKG. <http://dataonline.bmkg.go.id/home>. Diakses pada tanggal 10 Desember 2016.
- [7] Trapletti, A., Hornik, K., dan LeBraron, B. Package “tseries” versi 0.10-35. *Time Series Analysis and Computational Finance*. Diposting pada tanggal 2 Mei 2016 melalui cran R: <https://cran.r-project.org/web/packages/tseries/index.html>.
- [8] Hyndman, R. Package “forecast” versi 7.3. *Forecasting Functions for Time Series and Linear Models*. Diposting pada tanggal 13 Oktober 2016 melalui cran R: <https://cran.r-project.org/web/packages/forecast/index.html>

Lampiran

Identifikasi model *time series*

No	Plot ACF dan PACF	Model
1	ACF signifikan pada lag 1,2,...,q dan terpotong pada lag q, PACF menurun secara eksponensial	MA(q)
2	ACF menurun secara eksponensial PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	AR(p)
3	ACF signifikan pada lag q dan terpotong setelah lag q PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	ARMA(p,q)
4	Tidak ada autokorelasi yang signifikan dalam plot ACF dan PACF	ARMA(0,0)
5	ACF signifikan pada lag 1,2,...,q dan terpotong pada lag q Difference ke d, PACF menurun secara eksponensial	IMA(d,q)
6	ACF menurun secara eksponensial, Difference ke d, PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	ARI(p,d)
7	ACF signifikan pada lag q dan terpotong setelah lag q Difference ke d, PACF signifikan pada lag p dan terpotong setelah lag p	ARIMA(p,d,q)
8	Tidak ada autokorelasi yang signifikan dalam plot ACF dan PACF, Difference ke d	ARIMA(0,d,0)

Design of Quarter Car Test Bench to Measure Forces on the Tire Contact Path

Bukhari , Ilyas Yusuf, and Mawardi

Mechanical Engineering Department, Lhokseumawe State Polytechnics, Aceh

Corresponding Author: boecharyst@yahoo.com

Abstrak – Suspension system that located between vehicle body and wheels are designed to absorb shock from road surface. The dynamic behavior of the suspension and tire is depends on many factors. Some of the main factors are the vehicle load, speed, steering angle and the magnitude of the elasticity of the tire. The position of the tire-road contact is also always changed when the vehicle running make it difficult to observe the dynamic response of tires. To overcome this problem, in this paper, an in-door test-rig model is designed and evaluated experimentally. This study was conducted by five methods, namely; design, simulation, production, and experimentally test. The dynamic response evaluated includes geometric change of tires and the change of camber angle. The model build consist of framework components, the sprung mass as a representation of a quarter car body and un-sprung mass which are components of the suspension system, wheels and tires. The results show that the proposed design construction is not only saved to handle all forces and moments but also can fulfilled functions to simulate the dynamic response of ¼ car model. Copyright © 2017 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: quarter car model, camber, geometry, steering, suspension.

1 Introduction

Suspension system that located between the vehicle body and the wheels are designed to absorb shock from road surface. The suspension consists essentially of spring, damper, and other components such as the swing arm, joints, rod stiffeners (anti-roll bar or stabilizer), and rubbers. Suspension functions are to: 1) Provide comfort and safety of passengers by means of the vehicle together with the wheels absorb vibrations, excitation and shock from the road surface. 2) Move the braking force and the driving force to the body by means of friction between the road with the wheels. 3) Supporting body on the axle and maintains geometric layout between the body and wheels.

Tire dynamics behavior is a research topic of interest nowadays in the field of automotive. In this field, research is conduct to develop a better understanding of automobile tires. This is accomplished by creating models of tire behavior. Basically, the tire can be modeled in two ways; analytical and empirical. It is very complicated to models the tire using an analytical

approach. It requires an advanced knowledge of the tire parameters, which are hard to measure or identify in practice. Conversely, in empirical models, tire behavior is described by a set of empirical data from the laboratory. The Magic Tire Formula introduced by Pacejka is an empirical model that incorporates the physical nature of the tire into the design. Due to this fact, this model has widely been used for tire forces analysis and simulation.

Several constructions of tire testers have been developed recently. These designs can be grouped into two main categories; testers that move the ground beneath an immobile tire and testers that move a tire over immobile ground. Both of these types are widely used in the research field and automobile industries. In the first category, the test set-ups are built to remain stationary in the research laboratory. These designs utilize a rolling drum or moving belt to simulate a tire moving over the road. The road disturbances are not included in this design. The second category of test set-ups is designed to record the data on a moving tire. This category can be used to test the tire in real driving conditions by performing the test in the moving vehicles.

These types of testers will produce more realistic data to what happens when the tire is actually being driven. The drawback of these types of testers is that the road where the test is performed may have uncertainties that will affect the test result. The uncertainties of drivers that maneuver the car will also reduce the measurement performance. Even the best skilled drivers will not be able to replicate the maneuvers that are controlled by a computer.

For these reasons, it is important to develop a quarter car suspension model with moving ground beneath immobile tire that also have function to simulate road disturbances. The key in the design of a quarter car model is to simulate the dynamic behavior of the suspension and tire in lab scale. The model was created using CATIA. However, the design theories of the quarter car model are not perfect. In this paper, in order to further strengthen the research on the precise design method of the quarter car, the design and analysis of the quarter car for automobile suspension had been completed.

2 Method Mechanical Structure of a Quarter Car Model

The structure design in this research is a physical construction that represents a quarter car model of front-right car. Construction consists of three main parts; frame, sprung mass and un-sprung mass. Frame is a rigid construction to support sprung mass. Sprung mass is a construction that representation of quarter car body. Un-sprung mass is suspension component. To drive a wheel, one internal combustion engine is use as an actuator. The rotor shaft on the combustion engine is then connected to drive shaft beneath the tire using by belt. This drive shaft had surface contact with tire that cause the tire is rotate when drive shaft rotates.

This research is design to build a unit of quarter car model. The design concept is based on a dynamic of sprung mass and un-sprung mass. Sprung mass construction is designed to have 1 degree of freedom that able to move translational in vertical direction to show the change of car body height. In other hand, un-sprung mass construction is designed to have 3 degree of freedom that can move translational in vertical direction, rotational in z-axis and rotational in x-axis. The move in vertical direction is to simulate the tire jump, the rotational in z-axis is to simulate the steering angle and rotational in x-axis is to simulate camber angle.

The aim of this research is reached by the following main steps:

- Make a drawing concept of the quarter car construction model. Theoretical study about construction functionality is done in this step to define appropriate joints for connection bar between

suspension component and frame of quarter car construction. Sketch drawing of this construction is shown in figure 1.

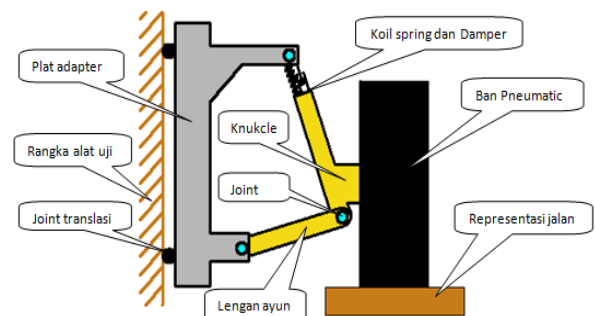


Figure 1. Sketch drawing of quarter car construction

- Calculate appropriate dimension of frame construction. Calculation is done to find minimum dimension for each bar of frame which is save for all force and moment.
- Make the assembly drawing and details drawing for all components of the construction. This assembly drawing gives more clear information about shape and dimension of the construction. The assembly drawing also uses to simulate the function of construction. Simulation is needed to make sure all dimension and materials chosen are saved for all forces and moments. Drawing details are used for production the construction. Figure 2 shown drawing assembly of the construction.

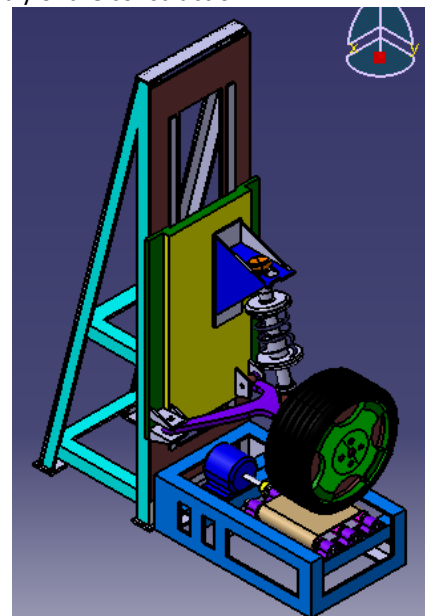


Figure 2. Drawing assembly of quarter car construction

To make sure construction frame are save for maximum load, force analyzing is also done using CATIA. This analyzing is done in complete frame construction by giving load input about 4110N pointed in the middle

driven shaft. The result of software analyzing is shown in figure 3.

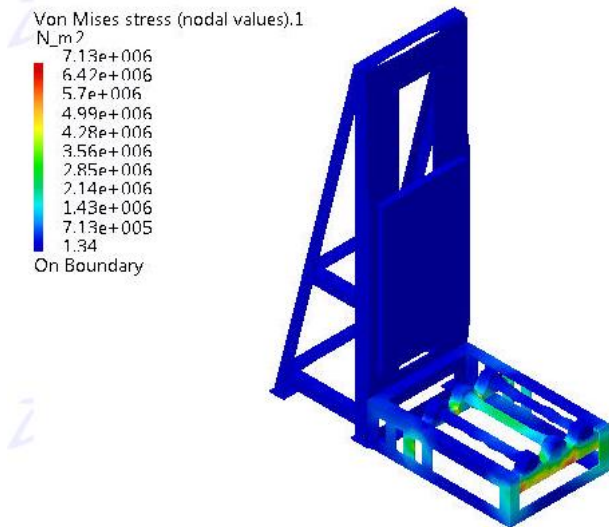


Figure 3. Result of Von Mises Stress using CATIA

Simulation result shows maximum stress is point on center bar that is 7.13×10^6 N/m² that equal to 7.13N/mm². This value is less than allowable shear stress which is 37N/mm². By all the result, it can conclude that L-profile of ST-37 with dimension 50x50x5mm are save to use as material frame for quarter car model construction.

- Machining process for all components followed by assembly.
- Functionality test, the test is done which condition machine ON and OFF. The test is only to see output response of the wheel and tire while giving different input of steering angle. When machine is OFF, the wheel and tire was not move but when machine is ON, the wheel and tire moves. For condition machine is ON, both steering angle and speed inputs are varies. The dynamic responses of the tire are evaluated for all these conditions.
- Design a measurement strategy to measure force and moment.
- Measurement test and calibration.

3 Design Method

Tire contact forces are measured in bottom base construction, see figure 4. This measurement method is designed to fulfill the requirement in this study that no physical change of wheel hub construction and the measurement can be used for more than one type of the tire wheel. The bottom base construction is shown in figure 4.

Three force sensors Sz1, Sz2, and Sz3 are mounted in vertical direction to measure vertical forces. Two supports Sx1 and Sx2 are chosen in line with the contact path surface. These two sensors are used to measured longitudinal force. The other two sensors Sy1 and Sy2

are used to measure lateral forces and placed in position perpendicular to direction of wheel travel.

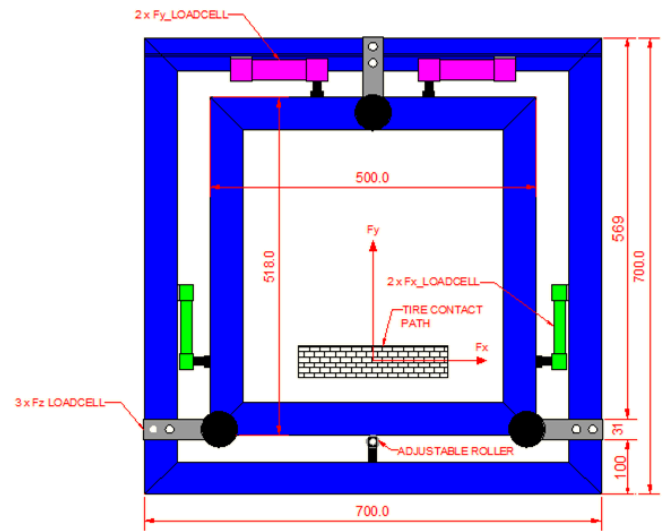


Figure 4. Load cell positions on the bottom base construction

4 Measurement Strategy

4.1 Load Capacity

Previous research that was done by Ian Hardianto Siahaan shown vertical force is the biggest force on the tire contact path. Lateral force and longitudinal force has magnitude less than 20% and less than 5% of vertical force respectively.

Vertical force is come from car weight and passenger weight. Family car with weight 1045 kg is chosen in this research and passenger weight is assumed to be 600 kg. Because of the construction is designed for a quarter car, such that total weight becomes 411 kg.

In this research, seven load cells are used to measure tire road contact forces. Three load cells are located in the bottom of base that used to measure vertical force. Rate capacity of this load cell is 250 kg each. To measure lateral force, two load cells with rate capacity 100kg are used. This load cells are located in tire wheel travel direction. The last two load cell are use to measure longitudinal force. These load cells are located perpendicular to the wheel travel direction. Rate capacities of load cells are 20kg.

The forces and moments equilibrium are examined from which the forces and moments can be defined. To do this, the forces configuration on the bottom base and on the wheel is firstly drawn as shown in figure 5. In these figures three views of the wheel connected to the measuring plate are depicted. Figure 5a shows the side view of the wheel and adapter plate. In figure 5b the front view is shown while in figure 5c the top view of the wheel and adapter plate is shown. With the known distances a, b and h the forces and moments in the wheel center can be computed.

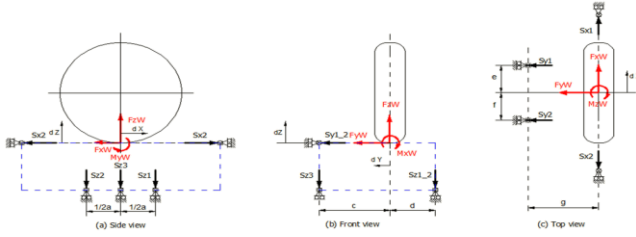


Figure 5. Measured forces on the adapter plate and force acting on the tire

Based on figure 5, magnitude of vertical force, lateral force and longitudinal force measured by the sensors are expressed in equations 1 to 3.

$$F_x = S_{x1} + S_{x2} \quad (1)$$

$$F_y = S_{y1} + S_{y2} \quad (2)$$

$$F_z = S_{z1} + S_{z2} + S_{z3} - Wtb \quad (3)$$

Three moments is then calculated using equation 4 to 6.

$$M_x = (S_{z1} + S_{z2}) \cdot d - S_{z3} \cdot c \quad (4)$$

$$M_y = S_{z1} \cdot 1/2 \cdot a - S_{z2} \cdot 1/2 \cdot a \quad (5)$$

$$M_z = -S_{y1} \cdot e + S_{y2} \cdot f \quad (6)$$

4.2 Measurement hardware

Measurement hardware is needed for data logging as a result of measurement process that done by load cell. Hardware that used for measurement process consists of:

- Load cell
- Analog to digital converter
- Microprocessor
- LCD display
- Power supply
- Personal computer

Schematic diagram of measurement process is shown in figure 6.

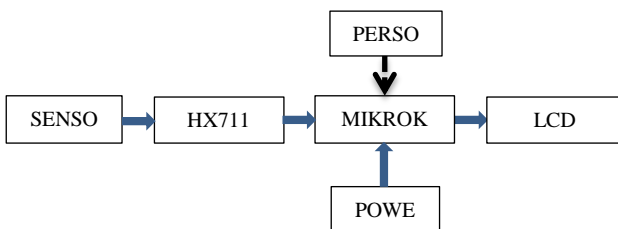


Figure 6. Schematic measurement process diagram

5 Conclusion

The design of a quarter car construction mainly refers to material and mechanical subjects. The key is to establish the relationship between the loading force come from total weight of car and the geometrical size of frame construction. In this paper, the frame construction is introduced in detail. Finally, to make sure all materials used are save to handle maximum force, forces distribution on frame are analyzed and simulated using CATIA. The results show that the simulation is consistent with the theoretical calculation; actual shear stress is less than allowable shear stress and accord with the technical requirements of the automobile suspension, which means that the design method is feasible.

References

- [1] H.B. Pacejka, *Tire and Vehicle Dynamics* (Butterworth : Heineman, 2006).
- [2] Polley, M.S, *Size Effects on Steady State Pneumatic Tire Behavior: An Experimental Study*, Master Thesis, University of Illionist, 2001.
- [3] T.D. Gillespie, *Fundamentals of Vehicle Dynamics* (Publish by Society of Automotive Engineers, Inc).
- [4] H. Burkard and P. Wolfer, *Measuring Wheel for Vehicle (R&D, Kistler)*.
- [5] Douville, H, Masson, P and A.Berry, *On-resonance transmissibility methodology for quantifying the structure-borne road noise of an automotive suspension assembly*, elsevier, september 2005.
- [6] Gilles, T, *Automotive Chassis Brakes Steering & Suspension* (Thomson Delmar Learning, 2004).
- [7] Mantaras, D.A, Laque, L, and Vera, C, *Development and validation of a three-dimensional kinematic model for the MacPherson steering and suspension mechanisms*, Mechanism and Machine Theory, 39, 2004, 603-619.

Analisa Kekuatan Tarik Serat Tunggal Pelepah Lontar Dengan 15% NaOH

Edy Yusuf

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

Corresponding Author: edy.yusuf@unimal.ac.id +6285373631974

Abstrak – Pengaruh kadar air terhadap kekuatan tarik interfacial serat pelepah lontar yang diberi perlakuan alkali dengan 15%NaOH. Menggunakan satu jenis serat alam yaitu serat pelepah lontar. Pengujian kekuatan mekanik dari komposit yang dilakukan dengan menggunakan pengujian tarik (tensile test) yang dilakukan dengan mesin uji tarik pearson panke Equipment Ltd, bentuk dan ukuran sesuai dengan ukuran standar ASTM D 3379-75. Menganalisa dan membandingkan komposit serat pelepah lontar dengan 15% kadar NaOH. Analisa nilai yang terbaik dari kekuatan tarik pada serat pelepah lontar yaitu pada 68.6 MPa dan nilai terendah yaitu 13.61 MPa, dan regangan tertinggi 4.8% dan nilai regangan terendah 0.8%, untuk modulus elastisitas tertinggi sebesar 21.70 dan nilai terendah sebesar 6.45 jadi pada penelitian perlakuan NaOH 15% bila diberikan larutan alkali yang semakin tinggi akan menyebabkan berkurangnya kandungan semiselulosa, lignin atau pektin pada serat. Copyright © 2017 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: NaOH, serat pelepah aren, kekuatan tarik, Standar ASTM D 3379-75.

1 Pendahuluan

Serat sebagai elemen penguat sangat menentukan sifat mekanik dari komposit karena meneruskan beban yang didistribusikan oleh matrik. Orientasi arah serat, fraksi *volume*, ukuran, dan bentuk serta material serat adalah faktor-faktor yang mempengaruhi properti mekanik dari laminat. Serat rami kontinyu yang dikombinasikan dengan resin *polyester* sebagai matrik akan dapat menghasilkan komposit alternatif untuk aplikasi teknik. Dengan memvariasikan orientasi arah serat dan fraksi *volume* dari rami kontinyu diharapkan akan didapatkan hasil properti mekanik komposit yang maksimal untuk dapat mendukung pemanfaatan komposit alternatif [5].

Keunggulan komposit serat rami dibandingkan dengan *fiber glass* adalah komposit serat rami lebih ramah lingkungan karena mampu terbiodegrasi secara alami dan harganya pun lebih murah dibandingkan *fiber glass*. Sedangkan *fiber glass* sukar terbiodegrasi secara alami. Selain itu *fiber glass* juga menghasilkan gas CO dan debu yang berbahaya bagi kesehatan jika *fiber glass* didaur ulang, sehingga perlu adanya bahan alternatif pengganti *fiber glass* tersebut [4].

Serat merupakan unsur penguat yang sangat menentukan sifat mekanik dari bahan, karena serat inilah yang menerima dan meneruskan Tegangan.

Keunggulan serat alam dibandingkan dengan serat sintesis adalah serat alam lebih ramah terhadap lingkungan karena mampu terdegradasi secara alami dan harganya pun lebih murah, mudah di dapat mengingat ketersediaan bahan bakunya yang melimpah di Indonesia dan dapat diperbaharui (renewable), sedangkan serat sintesis sukar terdegradasi secara alami, sebab serat sintesis merupakan bahan yang tidak dapat terdekomposisi oleh mikro organisme pengurai (non biodegradable), sehingga penumpukannya di alam dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan bagi kesehatan manusia. Serat alam memiliki sifat hidrophilik (senang air) sedangkan polimer bersifat hidrophobik (takut air). Sifat hidrophilik harus direduksi agar serat alam dan polimer mampu menyatu (bonding). Palma Lontar (Lontarga Pinnata) sering disebut lontar merupakan tanaman yang banyak tumbuh diseluruh wilayah Indonesia, dan tinggi dapat mencapai 25 m dan diameter 65 cm, batang pokoknya kokoh dan pada bagian atas diselimuti oleh serabut. Pada masa dulu Pelepah Lontar dan tangkai daunnya setelah diolah dapat menghasilkan benang, tali pancing dan senar gitar batak. Serat pelepah lontar di kombinasikan dengan resin sebagai matrik dapat menghasilkan material alternatif, maka dalam industri *manufaktur* sudah dapat di aplikasikan untuk menggantikan material logam dalam memenuhi kebutuhan material yang memiliki

perbandingan kekuatan terhadap berat yang tinggi, kekakuan dan ketahanan terhadap korosi.

Penelitian ini dilakukan agar bisa memberikan manfaat kepada masyarakat banyak dan pengrajin komposit, dengan adanya komposit dari serat alam akan meringankan biaya, serat alam mudah di dapatkan. Material komposit yang diperkuat oleh Serat pelepah lontar aplikasinya untuk membuat atap dari *fiber*, kap honda, dan bisa juga sebagai pembuatan helm. Pengujian ini umumnya diperuntukkan bagi pengujian beban-beban statik. Beban tarik dimulai dari nol hingga berhenti pada beban atau Tegangan patah tarik (Ultimate Strenght) dari suatu material. Beban uji yang telah dinormalisasikan ukurannya dipasang pada mesin tarik, kemudian diberi beban (gaya tarik) secara perlahan-lahan dimulai dari nol hingga beban maksimum. Perubahan (pertambahan) panjang dan gaya yang diberikan dicatat dan hasil catatan tersebut digambarkan dalam sebuah diagram Regangan-Tegangan, yang dirumuskan : Tegangan sama dengan besarnya beban dibagi dengan luas penampang.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

$$A = \pi r^2 \quad (2)$$

Dimana :

σ = Tegangan yang terjadi (MPa)

P = gaya yang bekerja (N)

A = luas penampang potongan (mm^2)

π = konstanta (3,14)

r = jari-jari lingkaran

Pada pengujian tarik, benda uji mendapat Tegangan uniaksial yang naik terus menerus, dan perpanjangan benda uji diukur setiap penambahan beban. Bila material logam ditarik sampai putus, maka akan didapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Pada dasarnya pengujian tarik dilakukan untuk menentukan respon material pada saat dikenakan beban atau deformasi dari luar (gaya-gaya yang diberikan dari luar, yang dapat menyebabkan suatu material mengalami perubahan struktur). Tegangan yang dipergunakan pada kurva adalah Tegangan membujur rata-rata pengujian tarik.

Pada spesimen panjang tengahnya biasanya lebih kecil luas penampangnya dibandingkan kedua ujungnya, agar patahan terjadi pada bagian tengah. Kekuatan patah (breaking strength) ditentukan dengan membagi beban pada saat benda uji putus.

2 Landasan Teori

Bila sebuah batang lurus diberi beban tarik, batang itu akan bertambah panjang. Jumlah pertambahan panjang atau pemuaiian disebut Regangan. Pertambahan panjang per satuan panjang dari batang disebut satuan

Regangan. Keuletan logam ditentukan sebagai Regangan tertinggi dalam logam yang dapat dihitung dengan rumusan Regangan.

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana ;

L_0 = Panjang mula-mula

L = Panjang akhir.

Untuk mengukur luas penampang serat diperlukan mikrometer agar dapat mengukurnya, Elastisitas adalah sifat bahan yang memungkinkan bahan tersebut kembali ke bentuk dan ukuran semula bila beban dilepas. Hukum *Hooke* menyatakan bahwa dalam batas-batas tertentu, Tegangan pada suatu bahan adalah berbanding lurus dengan Regangan yang terjadi.

Untuk kondisi Tegangan berbanding lurus dengan Regangan, maka dapat dilihat persamaan

$$\sigma = E\varepsilon \quad (4)$$

$$\tau = G\gamma \quad (5)$$

Dimana E dan G adalah konstanta perbandingan. Karena perpanjangan adalah bilangan tanpa dimensi, maka satuan E dan G adalah sama dengan satuan Tegangan. Konstanta E disebut *Modulus Elastisitas*. Konstanta G disebut *Modulus elastisitas geser* (modulus kekakuan).

Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami *hydrophilic* serat dapat memberikan kekuatan ikatan *interfacial* dengan matrik polimer secara optimal[2].

Ikatan *interfacial* antara serat dan resin matrik merupakan unsur yang sangat penting dalam mencapai sifat mekanik komposit yang baik. Kekuatan *interface* sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mekanik komposit, dimana *interface* yang lemah menyebabkan komposit mudah rusak dan kekuatan geser komposit menjadi rendah[3].

Ikatan *interfacial* antara serat dan matrik dipegaruhi oleh *moisture absorption dan wettability*, dimana *debonding* dapat terjadi dengan mudah apabila serat memiliki *moisture absorption* dan matrik, *wettability* yang jelek dan daya ikat yang kurang antara serat polimer, Selanjutnya ditunjukkan pula bahwa perlakuan kimia pada serat dapat menghentikan proses *moisture absorption*, membersihkan dan mengubah topografi permukaan serat serta meningkatkan kekasaran permukaan sehingga dapat meningkatkan daya ikat *interfacial* antara serat dan matrik. Topografi permukaan serat kasar tersebut akan menghasilkan *mechanical interlocking* yang lebih baik dengan matrik[6].

Pengaruh perlakuan alkali NaOH pada serat alam selulosa menunjukkan peningkatan

mutu permukaan serat dan sifat alami *hidrophilic*[7].

Serat atau *fiber* dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut, karena minimnya cacat pada material[8].

3 Metodologi Penelitian

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi;

- a. Serat pelepah lontar
- b. Larutan NaOH
- c. Kertas Lakmus
- d. Aquades
- e. Oxygen Absorber
- f. Timbangan digital
- g. Gunting
- h. Oven listrik
- i. Gelas *stainless steel*
- j. Gelas ukur
- k. Termometer
- l. Jangka sorong
- m. Mikrometer
- n. Mesin uji tarik (Universal Machine), ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Alat Uji Tarik Serat *TENSO LAB*

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Mesin uji tarik (Universal Machine) dengan spesifikasi :

- a. Merk : *TENSO LAB*
- b. Nama : Alat uji tarik benang
- c. Type : *Pearson Panke Equipment Ltd.*

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan.

Secara singkat dapat diuraikan sebagai berikut :

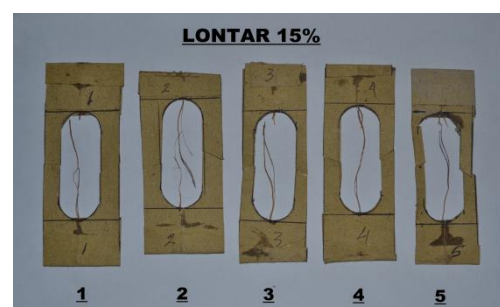
1. Menyiapkan serat yang akan digunakan.
Serat pelepah lontar diambil dari kebun, kemudian seratnya direndam dengan air selama beberapa hari agar seratnya menjadi lentur sehingga mudah dipukul-pukul dan seratnya di dekortikasi dari daging

pelepahnya, lalu serat tersebut dibersihkan dan dikeringkan. Dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Serat Lontar

2. Perlakuan Serat.
 - a. Ukur serat dengan timbangan digital
 - b. Campurkan larutan NaOH dengan Aquades menurut variasinya masing-masing, yaitu dengan variasi NaOH 15%.
 - c. Masukkan serat ke larutan NaOH yang telah divariasikan kedalam gelas ukur.
 - d. Rebus serat di gelas ukur dengan alat pemanas, rebus dengan temperatur $\pm 98^{\circ}\text{C}$ (mendidih air)
 - e. Serat dicuci dengan air mengalir, cek dengan kertas lakmus sampai pH serat normal
 - f. Serat dikeringkan sampai benar-benar kering
 - g. Pisahkan serat, masing-masing diberi tanda serat yang telah divariasikan.
3. Pengujian Tarik
Pengujian yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian tarik (tensile strength) yang dilakukan dengan mesin uji tarik *Pearson Panke Equipment Ltd.* dilaboratorium Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada sehingga didapat data yang akurat. Bentuk dan ukuran sesuai dengan ukuran standar ASTM D 3379-75[1], yaitu standar pengujian spesimen uji tarik seperti Gambar 3:



Gambar 3. Spesimen uji tarik standar ASTM D 3379-75

4 Hasil dan Pembahasan

Setelah melalui tahapan uji tarik dengan mengetahui beban tarikan (N.f) sampai spesimen putus, maka nilai tersebut dapat dihitung menggunakan persamaan 1 untuk mendapatkan nilai Tegangan spesimen uji. Dari hasil penelitian ini, telah didapatkan nilai-nilai dari perhitungan uji tarik yaitu NaOH 15%. Di penelitian ini meneliti 5 spesimen. Berikut adalah hasil perhitungan dari serat pelepah lontar dengan variasi NaOH 15%.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Tarik

Spec	A(mm)	P maks (N)	Teg. (MPa)	Reg. (%)	E
1	0.36	4.903	13.6	0.8	17.01
2	0.28	6.864	24.5	3.8	6.45
3	0.28	6.088	21.7	1	21.70
4	0.26	17.84	68.6	4.8	14.29
5	0.27	7.943	29.4	1.4	21.00

Data-data dari Tabel 1 adalah perhitungan serat pelepah lontar variasi NaOH 15%, menunjukkan bahwa nilai Tegangan tarik yang tertinggi yaitu dengan nilai 68.6 MPa dan nilai terendah yaitu dengan nilai 13.6 MPa, regangan tertinggi 4.8% dan nilai terendah 0.8%, untuk modulus elastisitas tertinggi sebesar 21.70 dan nilai terendah sebesar 6.45.

5 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Nilai kekuatan tarik yang tertinggi dari Serat pelepah lontar yaitu 68.6 MPa dan nilai terendah yaitu dengan nilai 13.6 MPa.
2. Nilai Regangan yang tertinggi dari serat pelepah lontar yaitu 4.8%, dan yang terendah yaitu 0.8%.
3. Nilai Modulus Elastisitas yang tertinggi dari serat pelepah lontar yaitu 21.70, nilai Modulus Elastisitas yang terendah yaitu 6.45.
4. Nilai yang terbaik dari semua serat yang diuji adalah dengan beban maksimum 17.84 N.

Referensi

- [1] ASTM, "Annual Book of ASTM Standard", West Conshohocken, 2003.
- [2] Bismarck, *Influence of alkali treatment on surface properties of fibers*, Mc Graw hill, New York, 2002.
- [3] Clyne dan Jones, *interfacial bonding between fibers and matrix*, Brisbane, 2001.
- [4] Hull, D, *An introduction to composite material*, Cambrige University Press, Cambrige, 1990.
- [5] Hadi, B.K, *Mekanika struktur komposit*, ITB Bandung, , 2000.
- [6] Hwang, *interfacial bonding between fibers and matrik is influenced by moisture absorption and wettability*.vol 33, no. 26 september 2003.
- [7] Marsyahyo M, Soekrisno, Jamasri dan Rochardjo H.S.B., *Penelitian Awal Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Model Perpatahan Serat tunggal Ramie*, Proseding Seminar Nasional, SNTTM-IV, UNUD, Bali, Indonesia, 2005.
- [8] Triyono dan Diharjo k, *Serat atau fiber dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban*, ITB Bandung, 2000.

Uji Stress-Strain Mekanik Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Pembebanan Statis

Zulfahmi

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh

Corresponding Author: fahmihania@gmail.com

Abstrak – Polimer resin BQTN – Ex 157, isosianate, dan poliol sebagai matriks formulasi kompositas polymeric foam, selanjutnya memanfaatkan bahan reinforced serat alam Serat Tandan Kelapa Sawit (TKKS) yang merupakan limbah industri Pabrik Kelapa Sawit diproses secara alkalisasi 1% NaOH menghasilkan benang serat yang terbebas dari unsur sellulosa dan unsur lain yang melekat pada geometri TKKS. Penelitian ini fokus mengetahui nilai ketangguhan tegangan yang terjadi akibat pembebanan mekanik pada spesimen komposit polymeric foam ASTM D-620 menggunakan alat uji servopulser. Hasil pengujian diporeleh tegangan $\sigma_{max} = 9,863$ MPa, rengangan $\epsilon_{max} = 0,04581$ mm/mm, modulus elastisitas $E_{max} = 215,2368$ MPa, elongasi maksimum sebesar 4,271 %, Rerata nilai stress-strain mekanik komposit polimeric foam diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebesar $\sigma = 6,5537$ MPa, serta $\epsilon = 0,039705$ MPa. Copyright © 2017 Department of Mechanical Engineering. All rights reserved.

Keywords: Serat.TKKS, komposit polimer, polymeric foam, stress – strain

1 Pendahuluan

Material komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda menjadi suatu bentuk unit mikroskopik, yang terbuat dari bermacam-macam kombinasi sifat atau gabungan antara serat dan matriks. Jones, R.M. (2013), menyebutkan bahwa secara umum material komposit tersusun atas komponen matriks dan komponen bahan pengisi (fillers).

Pemanfaatan sifat mekanik yang dimiliki serat TKKS sebagai bahan penguat matrik komposit polymeric foam dalam variasi komposisi fraksi serat dan fraksi volume memiliki keunggulan, terciptanya sebuah bahan baku dari alam yang mampu menggantikan keberadaan serat sintesis. Secara teknologi rekayasa formulasi dari komposisi bahan kompositas polymeric foam diperkuat serat TKKS akan memiliki sifat ketangguhan mekanik terhadap pembebanan, dan ringan.

Stress-strain hasil pengujian uji tarik menggunakan mesin servopulser pada spesimen ASTM D-628 diporeleh variabel tegangan, rengangan, modulus elastisitas, elongasi, massa jenis, dan deformasi. Aplikasi dari variabel hasil pengujian sifat mekanik bahan komposit polymeric foam dalam penelitian ini menjadi data

referensi ketangguhan material pada proses manufaktur kriteria produk industri otomotif, perlengkapan olahraga, dll.

K. Van Rijswijk et.al dalam bukunya *Natural Fibre Composites* (2001) menjelaskan komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik.

Kandungan selulosa pada anatomi serat TKKS memberikan kekuatan, kekakuan dan stabilitas spesimen serat dan merupakan komponen kerangka utama serat (Leonard & Martin, 2002). komparasi sifat-sifat fungsional beberapa tipe serat alam pada kekuatan tarik, modulus elastisitas, elongation dan densitasnya masing-masing ditunjukkan pada Tabel 1.

Table 1. Comparison of functional properties of various types of natural fibres and glass fibres

Tipe Serat	Young's modulus (E, Gpa)	Tensile strength (Mpa)	Elongation (%)	Density (g/cm ³)	Specific strength km
Glass	72	2000–3400	1.8–3.2	2.56	78–132
Flax	45–100	600–1100	1.5–2.4	1.4–1.5	42–76
Ramie	128	500–1000	1.2–4.0	1.4–1.5	36–69
Hemp	35	389	1.1–1.6	1.4–1.5	28
Jute	43	320–550	1.7	1.3–1.45	24–39

Menurut jenis seratnya, selulosa memiliki sendiri geometri sel yang bertanggung jawab untuk penentuan mekanis sifat serat. Hemiselulosa terbentuk di primer dinding sel polimer polimer dan karbon bercabang dengan beragam struktur kimia. Lignin amorf dan memiliki struktur aromatic (Fakirov & Bhattacharya, 2007).

2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan penelurusan pecimen e terkait material polimer termoset blowing agent sebagai matrik dan serat TKKS sebagai penguat komposit. Limbah TKKS dari pabrik elapa sawit diproses secara alkali dengan larutan NaOH 1% dalam air bersih, TKKS dicacah secara manual sampai kandungan lemak dan unsur lainnya yang terkandung pada struktur serat TKKS bersih melalui pencucian memakai air bersih, lalu serat yang dihasilkan dikeringkan menggunakan sinar matahari.

Komposisi material komposit *polymeric foam* diformulasikan seperti pada Tabel 2.8 terdiri dari unsur *blowing agent isosianate, polioliol, resin poliester*, katalis MEKPO dan diperkuat serat TKKS. Masing-masing unsur dikomposisikan dalam presentase volume terukur diaduk dalam wadah, kemudian dicetak sebagai spesimen mengacu pada dimensi ukuran standar ASTM D-638 (Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics).

Spesimen komposit *polymeric foam*, ketangguhan stress-strain material tersebut diperoleh setelah pengujian uji statis menggunakan alat uji HT-9502 *Computer Hidrolic Universal Testing Machine* dengan kapasitas 10 ton, sehingga diperoleh harga rata-rata kekuatan tarik maksimum (σ_{max}), regangan (ϵ_{max}), elongasi dan modulus elastisitas (E) dari material komposit.

Komposisi bahan – bahan komposit *polymeric foam* diproses variasi formulasi yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Variasi komposisi komposit *polymeric foam*.

No.	Prosentase Komposisi
1.	70% Resin BQTN-Ex 157
2.	10% Blowing Agent: - 55% Polioliol - 45% Isosianate
3.	10% Serat
4.	10% Katalis

Cetakan spesimen diolesi mirror glaze secara merata keseluruhan bidang rongga cetakan. Selanjutnya, bahan komposit dituang ke dalam cetakan spesimen, agar spesimen yang dihasilkan memenuhi dimensi geometri yang uniform serta tidak mengalami *crack* maka permukaan atas cetakan spesimen diberikan beban timpa.

Perlakuan cacahan TKKS menjadi serat siklusnya seperti diperlihatkan pada gambar 1. Waktu perendaman

cacahan serat dikondisikan selama 24 jam. Pasca perendaman, serat dibersihkan dengan penyiraman air bersih, lalu serat dikeringkan selama 48 jam, dan digiling menggunakan mesin penghancur sampai menjadi serat pendek dengan panjang serat berkisar 2 mm sampai dengan 5 mm.



Gambar 1. Rangkaian perlakuan TKKS menjadi serat

Formulasi resin dan serat TKKS dituang dalam wadah I, kemudian diaduk sampai merata selama cacatan waktu 00:00:24, Selanjutnya, dituang katalis ke dalam wadah I dan diaduk selama waktu 00:01:07. Pengadukan polioliol dan isosianat memiliki catatan waktu tersendiri secara cepat dalam wadah II selama cacatan waktu 00:00:15.

Setelah penuangan, bahan *polymeric foam* di dalam cetakan spesimen mulai membentuk gelembung busa dalam interval waktu 00:03:30 sampai 00:06:10. Reaksinya ditandai perubahan temperatur maksimum 88 °C – 96 °C. Gelembung *foam* terus memberi tekanan keseluruhan bidang rongga cetakan selama waktu reaksi. Selanjutnya, ketika reaksi berhenti mengembang akan dibarengi penurunan temperatur. Bahan akan mengembang maksimal 50% dari volume cetakan. Spesimen *polymeric foam* dengan menggunakan standar ASTM D-638 ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Spesimen *polymeric foam* standar ASTM D-638.

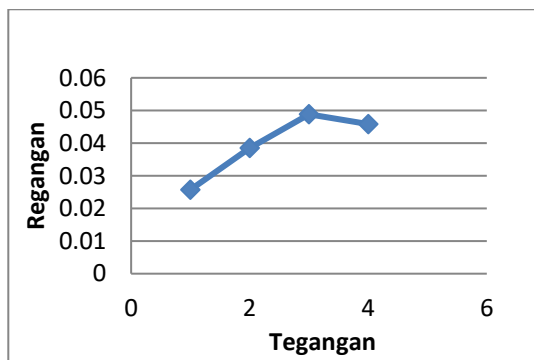
3 Hasil dan Pembahasan

Pengujian *stress-strain* material *polymeric foam* diperkuat serat TKKS dimulai dengan tegangan tarik pada spesimen, maka terjadi regangan sepanjang spesimen sampai pada titik dimana kekuatan maksimum bahan tercapai dan timbulnya *necking*. Gaya kemudian akan mulai turun. Bentuk *specimen* bahan komposit *polymeric foam* setelah pengujian tarik ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Specimen bahan komposit PF setelah uji statis.

Gambar 4 menunjukkan grafik stress-strain hasil pengujian mekanik *polymeric foam*. Pada pengujian spesimen uji tarik statis komposisi 70% Resin, 10% Blowing Agent, 10% Serat, 10% Katalis, ρ (kg/m^3) = 1096 diperoleh *stress-strain* mekanik dengan spesifikasi: tegangan (stress) sebesar 7,427 Mpa, Regangan (strain) sebesar 0,02571 mm/mm, modulus elastisitas sebesar 288,8759 Mpa (0,288 Gpa), Elongasi sebesar 2,571%. Sedangkan tegangan tertinggi $\sigma=9,863$ Mpa regangannya $\epsilon=0,04581$ mm/mm, modulus elastisitas sebesar 4812,3876 Mpa (0,481 Gpa), Elongasi sebesar 4,271 %.

Gambar 4. Kurva *stress-strain* mekanik *polymeric foam*

Mechanical properties bahan *polymeric foam* diperkuat serat TKKS diperoleh dari hasil pengujian uji statis, diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Stress-strain mekanik komposit polymeric foam.

Tegangan (MPa)	Regangan (mm/mm)	Modulus Elastisitas (MPa)	Elongasi (%)
7,427	0,02571	295,8964	2,571
9,653	0,04882	197,7263	2,739
8,925	0,03848	231,9386	3,991
9,863	0,04581	215,2368	4,271

4 Kesimpulan

Hasil pengujian diperoleh nilai stress-strain mekanik pada kondisi minimum dan maksimum, young modulus dan elongasi: Stress minimum $\sigma_{\min} = 7,427$ MPa., Stress maximum $\sigma_{\max} = 9,863$ MPa, Regangannya $\epsilon_{\min} = 0,02571$ mm / mm, Regangannya $\epsilon_{\max} = 0,04581$ mm / mm.

Modulus elastisitas $E_{\min} = 295,8964$ MPa., Modulus elastisitas $E_{\max} = 215,2368$ MPa., Elongasi minimum sebesar 2,571 %, Elongasi maksimum sebesar 4,271 %, Rerata nilai stress-strain mekanik komposit *polimeric*

foam diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebesar $\sigma = 6,5537$ MPa, serta $\epsilon = 0,039705$ MPa.

5 Referensi

Fakirov & Bhattacharya, 2007. Fibrillar polymer-polymer composites: morphology, properties and applications, Journal of Materials Science volume 43, pages 6758–6770 (2008).

Handbook of Engineering Biopolymers Homopolymers, Blends, and Composites Author: *Fakirov, Stoyko and Bhattacharyya*, Debes Year: 2007.

Jones, Eldo, 2013. Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Serat Kulit Jagung dengan Matriks Epoksi.. Medan: Universitas Sumatera Utara.

K. Van Rijswijk et.al, 2001. *Natural Fibre Composites*.

Leonard & Martin, 2002 "Properties of Natural Fiber Cement Materials Containing Coconut Coir and Oil Palm Fibers for Residential Building Application". (2015) 664-669

Roe P.J. dan Ansel M.P., "Jute-reinforced 23polyester Composite", UK., Journal of Materials Science 20, 1985. Pp. 4015-4020, 2010.

GUIDE TO CONTRIBUTORS

SCOPE

Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology is a refereed journal committed to the advancement of scholarly knowledge and research findings of the mechanical engineering. The journal publishes articles, reviews and notes which by their content or approach, is of interest to a wide range of scholars. Although the journal would focus mainly on works in the field of Indonesian studies, articles with a theoretical content may also be published.

Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology is published by an autonomous Editorial Board drawn from the Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Malikussaleh University. In addition, distinguished scholars from universities around the world are appointed to serve as advisory board members and referees.

SUBMISSION PROCEDURE

The Journal publishes manuscripts written in the Indonesian and English language. Manuscript submitted to the journal for publication should be original contribution and must not have been previously published or is under consideration simultaneously by any other publication.

The manuscript, typed with double spacing on A4 paper not exceeding 10 pages, should be submitted to the Editor-in-Chief, *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology* by email to mechsciotech@gmail.com

An author(s) whose manuscript has been accepted for publication will be required to send a hard copy as well as the electronic file of the final edited version of the manuscript. While a manuscript is under consideration, be sure to inform the editor of any change in address.

FORMAT AND STYLE

The title of a manuscript should be concise, descriptive and preferably not exceeding 15 words. The manuscript must include an abstract, describing its main points within 150 - 250 words in the English or Indonesia language.

In general, the contents should comprise of Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusion, Acknowledgement and References. The manuscript should be supplied with 3-5 keywords.

All illustrations including figures, charts and graphs, must be labelled and supplied on pages separate from the text. The desired placement in the text should be clearly indicated. These illustrations should be referred to and numbered serial, as figures. All illustrations should be clearly drawn in permanent ink or photographed in sharp black and white and reproduced in the form of high - contrast glossy prints or digital images and provided in camera ready form.

References in the text should be denoted by giving the name(s) of the author(s). All alphabetically ordered references list should be included at the end of the manuscript. All references cited in the text must appear in the reference list. Authors are responsible for the accuracy and completeness of all information in the reference. Manuscripts must conform to the references in the Chicago Manual of Style (University of Chicago Press). The references style adopted should be consistent throughout the manuscript.

Notes: Footnotes or endnotes will NOT be accepted.

COPYRIGHT

It is the author's responsibility to ensure that his or her submitted work does not infringe any existing copyright. Authors should obtain permission to reproduce or adapt copyrighted material and provide evidence of approval upon submitting the final version of a manuscript.

REVIEW PROCESS

Manuscripts will be reviewed by the Editorial Board and at least one independent referee. Decisions regarding the publication of a manuscript will be based on the Board's recommendations. The manuscript will be evaluated based on its appropriateness for *Malikussaleh Journal of Mechanical Science and Technology*, contribution to the discipline, cogency of analysis, conceptual breadth, clarity of presentation and technical adequacy. Manuscripts submitted by members of the journal's Editorial Board are subjected to the same review procedure.

PROOFS, OFF-PRINTS AND ADDRESS

One set of proofs will be sent to the author(s) to be checked for printer's errors and it is the responsibility of the author(s) to submit corrections to the Editorial Board. Each author will be provided with 2 free off-prints of the article after publication and one complimentary copy of the journal in which the manuscript appears. Please indicate the address of the author(s) (including phone numbers, fax numbers and/or e-mail addresses) to who correspondence may be sent.