

# BONES WITH BIOCERAMICS

**Wijianto**

Mechanical Engineering Dept.  
Muhammadiyah University of Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura Sukoharjo  
E-mail : wijianto@ums.ac.id

## ABSTRACT

*This paper discuss about ceramics in application as bone implant. Bioceramics for instance Hydroxyapatite, usually is abbreviated with HA or HAp, is a mineral that is very good physical properties as bone replacement in human body. To produce Hydroxyapatite, coating process is used which have good potential as they can exploit the biocompatible and bone bonding properties of the ceramic. There are many advantages and disadvantages of bioceramics as bone implant. Advantages of hydroxyapatite as bone implant are rapidly integrated into the human body, and is most interesting property that will bond to bone forming indistinguishable unions. On contrary, disadvantages of hydroxyapatite as bone implant are poor mechanical properties (in particular fatigue properties) mean that hydroxyapatite cannot be used in bulk form for load bearing applications such as orthopaedics and poor adhesion between the calcium phosphate coating and the material implant will occur.*

**Key words:** *Bioceramics, Hidoxyapatite (HA), Bone Implant*

## INTRODUCTION

Ceramics are one of the most important materials in human activity in everyday. Ceramics is often broadly defined as any inorganic nonmetallic material. The most common of terrestrial materials, ceramics in the form of sand and clay have been used for many thousands of years to make brick, pottery, and art ware. Modern structural ceramics bear little resemblance to these “traditional” materials; they are made from extremely pure, microscopic powders which are consolidated at high temperatures to yield a dense, durable structure.

In the sciences and technologies area, ceramics often very important for example, the incredible growth in wireless communications would not have been possible without the miniaturization permitted by oxide ceramic

microwave filters and resonators. Scanning-tunneling and atomic-force microscopy, medical ultrasound technology, auto focus cameras, and the vision-correction system of the Hubble Telescope all rely on piezoelectric ceramics. (Chiang and Jacus, 1999)

In the medical sector, repair, reconstruction, and replacement of the hard tissues of the body, bone and teeth, are largely possible today due to the development of bioceramics.

As can be seen in the figure 1 above, that the global market of bioceramics, specially for bone substitute always increase in every year, which this is given information that requirement of bioceramics is very high.

As can be seen in the figure 2, that ceramic-implant sees so much like the real thing, which they could actually melt with living bone.

# PROSES *NORMALIZING* DAN *TEMPERING* PADA *SCMnCr2* UNTUK MEMENUHI STANDAR JIS G 5111

Agung Setyo Darmawan, Masyrukan, Riski Ariyandi

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Kartasura

E-mail: agungsetyod@yahoo.com

## ABSTRAK

*Baja SCMnCr merupakan baja produk pengecoran produksi PT. Baja Kurnia Klaten. Untuk mengetahui apakah baja ini sudah memenuhi standar kekuatan JIS G 5111 dengan kekuatan tarik minimum 590 N/mm<sup>2</sup>, maka dilakukan pengujian struktur mikro dan kekuatan pada raw material. Pengujian kekuatan pada raw material baja ini memperlihatkan hasil dibawah standar yaitu kekuatan tariknya 539.21 N/mm<sup>2</sup>. Oleh karena itu dilakukan proses normalizing dan tempering pada baja SCMnCr2 untuk memenuhi standar tersebut. Sesudah dilakukan proses heat treatment Baja SCMnCr2 diuji strukturmikro dan kekuatan tariknya. Foto struktur mikro baja SCMnCr2 setelah dinormalizing dan kemudian ditempering memperlihatkan butir yang lebih kecil dibanding raw materialnya.. Setelah dilakukan normalizing dan tempering harga kekuatan naik menjadi 685.51 N/mm<sup>2</sup> dan akan menurun menjadi 664.21N/mm<sup>2</sup> ketika waktu penahanan tempering diperlama menjadi 45 menit. Hal ini disebabkan karena meningkatnya ukuran butir ferit dan perlit.*

**Kata kunci:** *SCMnCr2, Normalizing, Tempering, JIS G 5111*

## PENDAHULUAN

Pemakaian baja dalam kehidupan masyarakat dan dunia industri mensyaratkan faktor sifat mekanik tertentu yang sesuai dengan standar. JIS (*Japanese Industrial Standard*) adalah salah satu dari beberapa macam standarisasi di dunia. JIS sendiri dikeluarkan oleh negara Jepang sebagai salah satu acuan dalam dunia teknik. Standarisasi ini digunakan agar produk baja dapat digunakan secara aman.

Sifat mekanik, sebagai contoh, kekuatan tarik dipengaruhi oleh ukuran butir. Perlakuan Panas (*Heat treatment*) dapat digunakan untuk mengatur ukuran butir dan meningkatkan sifat mekanik material [Anderson, 2003].). Definisi perlakuan panas adalah perubahan struktur-

mikro, dengan memberikan pemanasan dan mengatur laju pendinginan sehingga diperoleh strukturmikro yang diinginkan. Yang tidak berubah pada proses perlakuan panas ini adalah komposisi bahan. Sedang definisi strukturmikro sendiri adalah konfigurasi distribusi fasa untuk suatu komposisi tertentu.

Contoh proses perlakuan panas adalah *full annealing*, *normalizing*, dan *tempering*. Pada *full annealing* dan *normalizing* baja karbon, semakin cepat laju pendinginan, semakin kecil butir yang terjadi [Callister Jr., 2007].

*Full anneal* adalah pemanasan baja ke temperatur 30°C diatas garis  $A_3$  atau  $A_1$  (tergantung pada kandungan karbon), ditahan pada temperatur tersebut untuk mendapatkan fasa

austenit yang homogen, kemudian didinginkan secara lambat pada tungku. Hasil unlok baja hypoeutectoid adalah perubahan fasa dari austenit ke perlit lamellar kasar (butir besar) yang lunak, bebas tegangan, dan ferit yang halus. Kata pelunakan (*annealing*) saja jika digunakan pada paduan besi (Fe) menunjukkan proses *full anneal*. Jika digunakan pada paduan non besi kata pelunakan (*annealing*) menyatakan perlakuan panas yang dirancang untuk melunakkan struktur hasil pengerjaan dingin dengan rekristalisasi dan atau kemudian pertumbuhan butir.

Karena memerlukan waktu yang lama dan mahal, dalam beberapa kasus *full anneal* diganti dengan *normalizing*. Pada *normalizing*, pendinginan dilakukan di udara (laju pendinginan lebih cepat dibandingkan ditungku) dan menghasilkan struktur perlit yang halus. Baja di *normalizing* untuk mendapatkan kekerasan dan kekuatan yang lebih besar dibanding jika dengan *full anneal*.

Tempering pada baja dilakukan dengan memanaskannya pada temperatur sedikit 723°C. Perlakuan panas ini umumnya dilakukan setelah proses celup cepat (*quenching*). Tujuan dari tempering adalah untuk mendapatkan baja yang lebih tangguh (*tough*) dan juga liat (*ductile*) tanpa banyak mengurangi kekuatan (*strength*).

## TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Widyatmadji (2001), perlakuan panas *normalizing* memberikan perubahan terhadap struktur mikro dan kekuatan baja. Makin tinggi temperatur austenisasi dan makin lama waktu tahan, kekuatan baja makin menurun, namun ketangguhannya akan meningkat.

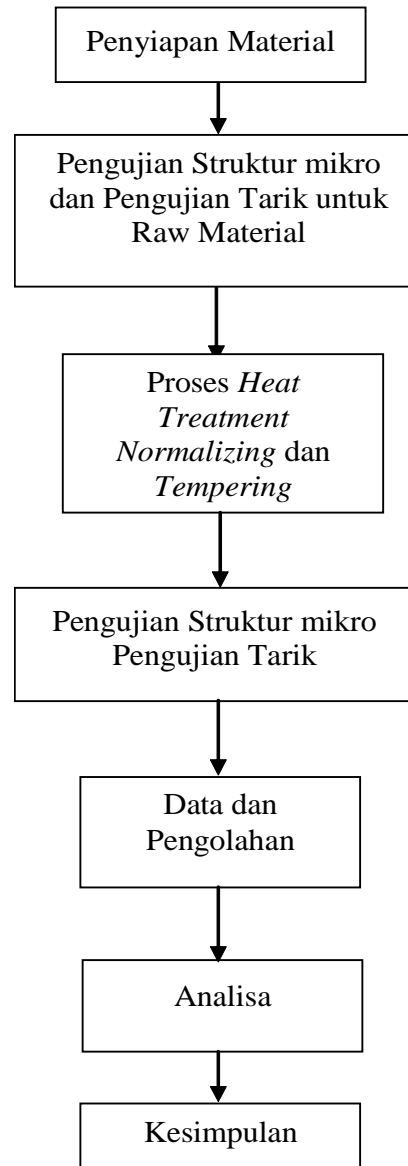
Mulyanti (1996) meneliti pengaruh perlakuan panas pada paduan baja mangan austenit dimana kekerasan akan turun dan harga impact akan naik jika dilakukan proses temper, disebutkan juga bahwa dengan naiknya temperatur austenitisasi, maka kekerasan akan turun dan harga impact akan naik.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan sesuai diagram alir penelitian seperti terlihat pada gambar 1.

Material yang akan diuji adalah *Low Alloy Steel Casting, SCMnCr2* produksi PT. BAJA KURNIA Ceper Klaten. Pembuatan *specimen* uji tarik mengikuti standar JIS Z 2201.



**Gambar 1. Diagram Alir Penelitian**

### Pelaksanaan *Heat Treatment*

*Heat Treatment* yang terdiri dari dua proses yaitu *normalizing* dan *tempering* dilaksanakan sesuai gambar 2, dengan temperatur pemanasan 850°C untuk temperatur Austenitisasi dan 600°C untuk temperatur *tempering*. Adapun proses *heat treatment* yang dilakukan pada

potongan material sebelum dibentuk benda uji (*specimen*) adalah sebagai berikut :

1. Spesimen dimasukkan ke dalam tungku pemanas (*furnace*), kemudian tungku pemanas di set pada temperatur 850°C, setelah temperatur tungku pemanas mencapai 850°C, spesimen ditahan selama 40 menit dalam suhu tersebut.
2. Setelah tertahan selama 40 menit dalam temperatur 850°C, *specimen* dikeluarkan dari tungku pemanas dan didinginkan diudara luar hingga mencapai suhu kamar (proses *normalizing*).
3. Kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering* yakni dengan langkah awal mengeset tungku pemanas pada temperatur 600°C lalu ditahan dengan variasi waktu 20 menit (*specimen A*), 30 menit (*specimen B*), dan 45 menit (*specimen C*).

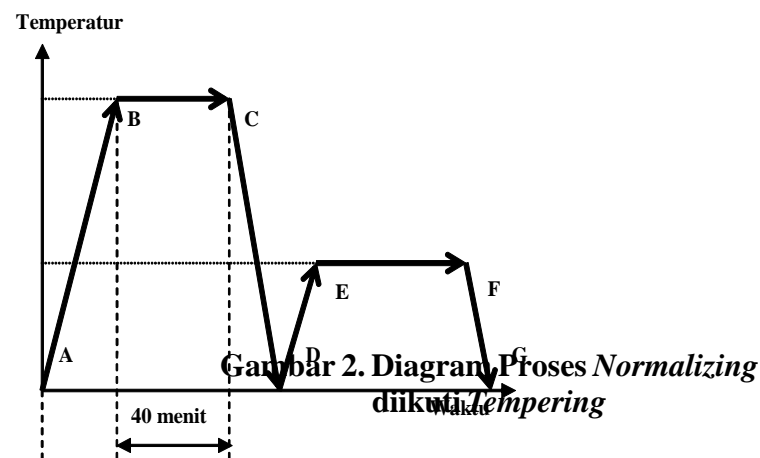
Garis EF = Proses penahanan pada temperatur (a) selama 20 menit untuk *specimen A* (b) selama 30 menit untuk *specimen B* (c) selama 45 menit untuk *specimen C*.

Garis FG = Proses pendinginan dengan udara sampai temperatur kamar di udara terbuka.

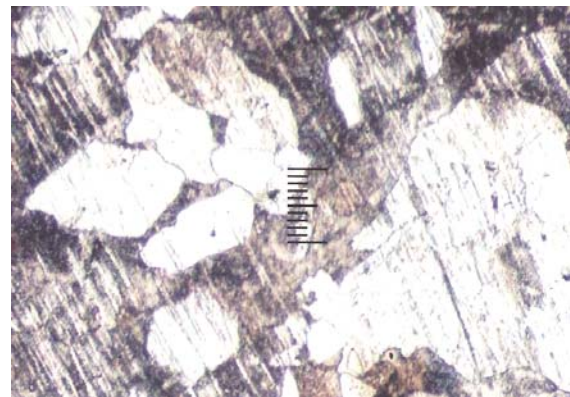
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil dan Analisa Data Hasil Pengujian Struktur Mikro.

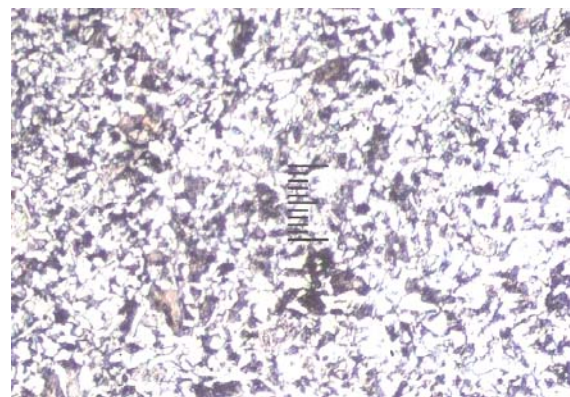
Struktur mikro ini dilihat dengan *Olympus Metallurgical Microscopes* dengan pembesaran 200 kali, dari pemotretan dengan kamera didapatkan gambar 3, 4, 5 dan 6.



- Keterangan gambar 2 adalah sebagai berikut:
- Garis AB = Proses pemanasan hingga mencapai temperatur 850°C.
  - Garis BC = Proses penahanan pada temperatur 850°C selama 40 menit.
  - Garis CD = Proses *normalizing* (pendinginan dengan udara sampai temperatur kamar, 26°C).
  - Garis DE = Proses pemanasan hingga temperatur 600°C.

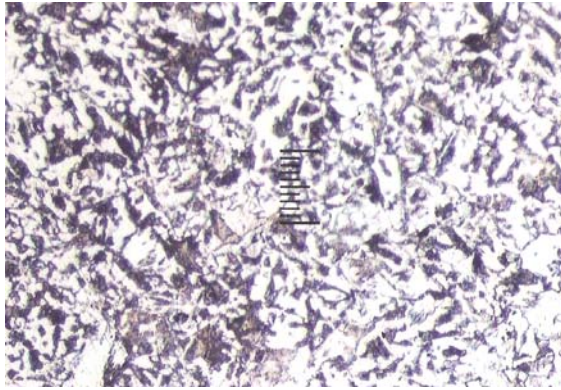


Gambar 3. Struktur Mikro dari *Raw Material*

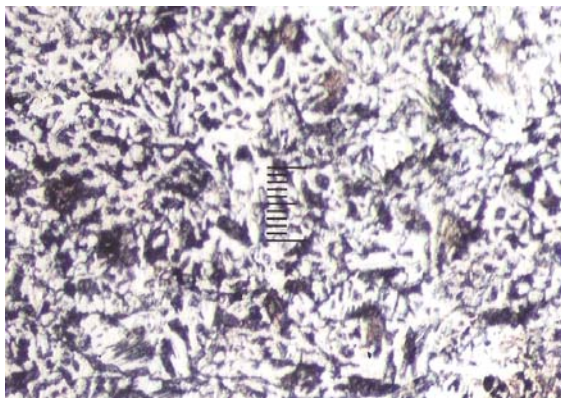


Gambar 4. Struktur Mikro dari *Specimen A*





**Gambar 5. Struktur Mikro dari Specimen B**



**Gambar 6. Struktur Mikro dari Specimen C**

Dari gambar 3, 4, 5, dan 6 dapat diketahui bahwa fasa yang terjadi pada material ini adalah fasa *ferit* (bagian yang terang) dan *pearlit* (bagian yang gelap) dan setelah diproses *heat treatment* (*tempering after normalizing*) ukuran butir berubah lebih kecil. Hal ini disebabkan karena laju pendinginan proses *normalizing* lebih cepat dari pada laju pendinginan pada proses pengecoran *raw material*.

### Hasil dan Analisa Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik untuk baja *SCMnCr2* berdasarkan standar JIS G 5111 adalah minimum 590 kgf/mm<sup>2</sup>. Data hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 1. Diagram alir tegangan-

regangan teknik hasil pengujian tarik di perlihatkan pada gambar 7. Gambar 8 memperlihatkan perbandingan kekuatan tarik maksimum dari *ScMnCr2* sebelum dan sesudah proses *treatment*.

**Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik Bahan ScMnCr2 Sebelum dan Sesudah Proses Treatment.**

| Spesimen | Kekuatan Luluh (N/mm <sup>2</sup> ) | Kekuatan Tarik (N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| RM       | 434.44                              | 539.21                              |
| A        | 387.35                              | 685.51                              |
| B        | 388.16                              | 674.16                              |
| C        | 383.20                              | 664.21                              |

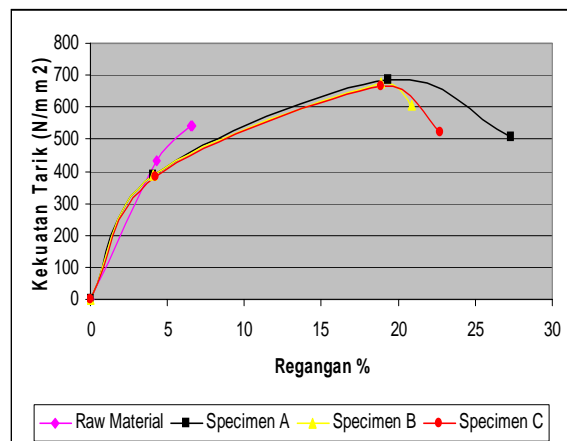
Keterangan:

RM : Raw Material

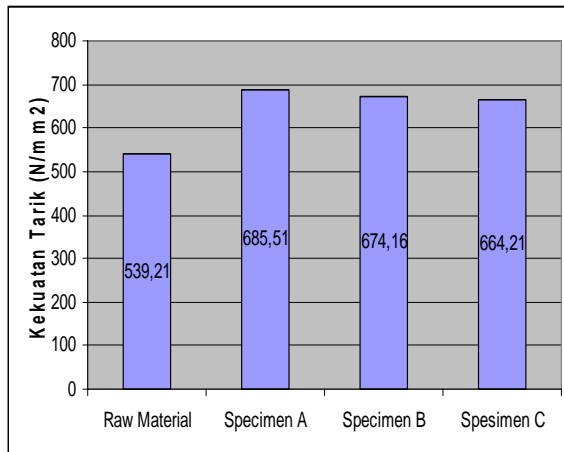
A : Spesimen Treatment Temperatur Austenitisasi 850°C Normalizing + Temper 600°C 20 menit

B : Spesimen Treatment Temperatur Austenitisasi 850°C Normalizing + Temper 600°C 30 menit

C : Spesimen Treatment Temperatur Austenitisasi 850°C Normalizing + Temper 600°C 45 menit



**Gambar 7. Diagram Alir Tegangan-Regangan Teknik Hasil Pengujian Tarik**



**Gambar 8. Perbandingan Kekuatan Tarik Sebelum dan Sesudah Proses Heat Treatment**

Dari data-data hasil pengujian kekuatan tarik dapat diketahui bahwa harga kekuatan tarik *specimen ScMnCr2* produk PT. Baja Kurnia sebelum di *treatment* belum memenuhi standar JIS G 5111 ( $590 \text{ N/mm}^2$ ). Dan proses *heat*

*treatment (normalizing)* dilanjutkan proses *tempering* dengan tiga variasi waktu mengakibatkan kenaikan kekuatan tarik *specimen* sehingga standar JIS G 5111 terpenuhi. Kenaikan kekuatan tarik ini disebabkan oleh terbentuknya butir-butir yang lebih halus (gambar 2, 3, dan 4). Semakin lama waktu *tempering* maka kekuatan tarik *specimen* akan menurun karena butir-butirnya membesar.

## SIMPULAN

Dari hasil pengujian kekuatan tarik dapat diketahui bahwa harga kekuatan tarik *specimen ScMnCr2* produk PT. Baja Kurnia belum memenuhi standar JIS G 5111, yang mempunyai harga kekuatan tarik minimum yakni  $590 \text{ N/mm}^2$ . Dan proses *heat treatment (tempering after normalizing)* mengakibatkan kekuatan tarik *specimen* naik memenuhi standar JIS G 5111, akan tetapi lama waktu *tempering* juga berpengaruh menurunkan harga kekuatan tarik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.C., 2003, *Material Science for Engineers*, Nelson Thornes, Cheltenham
- Widyatmadji, 2001, *Pengaruh Perlakuan Panas Normalisasi Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja 1K3816AT Untuk Aplikasi Casing & Tubing Spesifikasi API 5CT K55*, UI, Jakarta
- Callister, Jr., William D., 2007, *Materials Science and Engineering; An Introduction*, John Wiley & Sons, New York
- Mulyanti, 1996, *Pengaruh Kadar Mangan (Mn) Dan Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Paduan Baja Mangan Austenit*, UI Jakarta

# STUDY OF ALTERNATIVE FUELS AND EFFECTS OF COMPRESSION RATIO ON THERMAL EFFICIENCY AND ENGINE POWER

**Sarjito**

Mechanical Engineering Department,  
Muhammadiyah University of Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartosura  
E-mail: sarjito\_ums@yahoo.com

## ABSTRACT

*This paper was a case study during the sabbatical program at Kingston University London in February 2007. It has been studied by team of motorsport automotive department Kingston University London and it has been elaborated as a final project on Master Program. This study takes into account some of the issues surrounding the debate about alcohol fuels in Motorsport and the wider automotive sector and is primarily concerned to add data where there seems to be little existing research since Motorsport is a secretive business. Motorsport plays an important part in the automotive industry and is a sport enjoyed worldwide. Racing practice is regarded as using the best available resources and technology as it requires optimal performance. The racing arena gives engineers the opportunity to test valuable technological solutions to prove their merits. Therefore, racing is the natural starting point for introducing new technological solutions to the public and could lead to the wholesale conversion to renewable fuels to meet our automotive energy needs. Alcohol has unique properties that make superior in many ways to ordinary gasoline. The higher knock resistance allows for higher compression ratios to be utilized resulting in higher power outputs and thermal efficiency.*

*The efficient use of energy is of growing concern in all spheres of life and the automotive sector needs to be front runner in these efforts.*

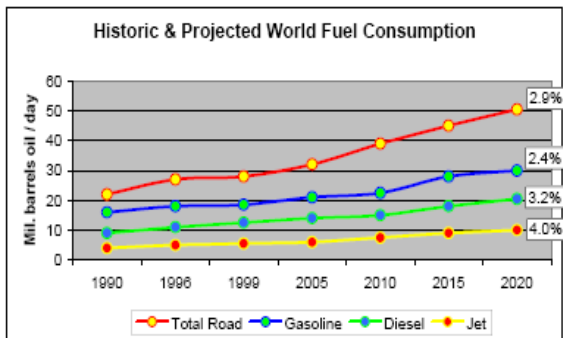
**Key words:** *Alcohol renewable fuels, thermal efficiency, Engine compression ratio*

## INTRODUCTION

Problem with The most petrochemical oil: The most recent and sustained high price of oil is largely due to the fact that emerging economies are now starting to consume the oil in ever greater quantities. This is a similar scenario to the price of steel rising 60% in 9 months to furnish the building boom in Chinese cities during 2004. Now with ever increasing numbers of cars on the roads

of the world, the supply of oil is not able to keep up with demand. Here in the UK, new car registrations per annum have risen steadily from 1.5 million in 1980 to 2.5 million in 2005 ([www.autoindustry.co.uk](http://www.autoindustry.co.uk)).

When compared to the emerging economies of India, Brazil or China where for example, it is reported that 100,000 new registrations are made per month. Worldwide production for new



**Figure 1: Historic & Projected World Fuel Consumption Source EEMS website**

cars totaled 44 millions for 2004, as compared with 39.7 million just 5 years before.

Primary production oil wells are more difficult to find, have less oil and tend to be in remote areas without good infrastructure making the logistics of transporting oil to the market more difficult. Existing wells are being phased into secondary production. Primary production is categorized by the oil coming up to the surface under its own pressure, whereas secondary production is made possible by injecting heavier water into the well to raise the level of the product. This situation is unlikely to get easier.

In addition, levels of reserves reported by the large multinational companies are to be judged with some skepticism in view of the detrimental effect that reports of rapidly diminishing reserves would have on maintaining stock share value in an already volatile financial market. The best method for finding oil is to physically drill in search of it. This process is expensive and uncertain. A most notable failure is the Muluk project in the Alaskan Beaufort Sea which cost USD\$1.5 billion of capital and found no oil reserves worth exploiting. This capital could have been spent developing Bio Ethanol infrastructure without the risk.

Furthermore, the general public is becoming increasingly aware and concerned about climate change. The causes for this have been placed squarely on the plate of fossil fuel consumption. Responsible governments have the obligation of reducing the effects of pollution and

some have been bringing ever more stringent emission legislation to make vehicles cleaner. However, fossil fuels in their present form have limits on their thermal efficiency, especially since lead was phased out as an additive that increased resistance to knock allowing higher compression ratios to be run.

### Advantages of Alcohol

Alternative fuels such as Bio-Ethanol and methanol are not new and apart from Brazil, South Africa and Sweden the rest of the world has not made much effort to use them until now. Bio ethanol is made from the fermentation of sugars or maize principally using stock feeds of sugar cane and corn. Being renewable it is considered to be carbon neutral since the carbon dioxide consumed by the plant as it grows is subsequently released when burnt as a fuel. Depending on the type of method used to heat the fermented liquid for final distillation, no additional energy input is required contrary to the propaganda put forward in some circles. For instance the husk of the crushed sugarcane, known as bagass, can used to fire the distillery.

Conventional engines can run on small percentages of alcohol blended with gasoline without problems but minor modification to the fuel system is needed if percentages over 20 are used.

In this way alcohol is compatible with existing automotive power plants and gives a real and viable alternative to ordinary gasoline.

### Rationale and Objectives

The optimization of compression ratio was considered as an aspect to gain high engine efficiency and engine performance; however, issues of climate change are influenced by fossil fuel through the emissions. Furthermore, possibility of alternative fuel with no environment effect should be explored. The critical factor in this literature study is to describe vary the compression ratio while testing the ordinary and alternative fuels. Through computer simulation the resultant data should give a better overall picture of each fuels capability.



Topics to be covered are describing of Analyze data on power, torque, specific energy consumption, specific fuel consumption and thermal efficiency from the simulation software, in varying compression ratio using the three test fuels.

### Review of other similar work

Shawn Langevin in De Freitas and D. Marchant. R. [1] noted that methanol had a high latent heat of vaporization, theoretical thermal efficiency significantly higher than petroleum and natural cooling properties which caused less  $\text{NO}_x$  to be formed. However,  $\text{NO}_x$  increased when the compression ratio was increased and the best ratio was identified as 6.4:1 air to methanol to keep  $\text{NO}_x$  emissions lower than gasoline.

Langevin also found that thermal efficiency of ethanol was improved with a higher compression ratio due to it having a higher octane rating than petroleum. Like Matthew Brusstar, he confirmed that ethanol performed better under turbocharged conditions provided that sufficient load was also added.

reduce the  $\text{CO}_2$  emissions. Areas for improvement included reducing energy lost via heat transfer to cylinder walls, exhaust system and friction in the form of pumping work.

Among the methods put forward are lean burn homogenous charge engines operating without throttles. They concluded that his type of setup using stratified charge combustion systems reduced the pumping and increased the thermal dynamic efficient by increasing the ration of specific heats. This reduced the heat transferred to cylinder walls. However, regions within the combustion volume of a stratified charge being undiluted high flamed temperatures led to increased  $\text{NO}_x$  emissions.

This set up was found to be superior to stratified wall air guided engines. However, emerging technology could reverse this situation. They also highly rated the benefits of variable compression ratio engines and deduced that in the range of 9.5:1 and 11.1 fuel economy improves by 3% per half ratio at 2000RPM and 2 bar BMEP. Low compression ratios lead to high exhaust gas temperature and enforced induction engines; this can only be cooled by using extra fuel. The greatest benefit of varying compression ratio engines comes from those that have forced induction. This allows for optimisation of fuelling maps for low speed low load right through to high speed high load. Another method of lowering CO pollution suggested is the varying compression ratio and hence the thermal efficiency by employing a mechanism to vary the timing of IVC, On the other hand precise timing of EVO can be used across the speed/load range to balance the expansion of gases that produce work and the release of gases under combustion to reduce pumping losses (IMechE Paper, 2005 JER03504).

Hu et al [1] investigated CI engines running on dimethyl ether using homogenous charge CI ignition. The varying compression ration from 8:1, 10.7:1 to 14:1 by enlarging the combustion chamber on the piston head. They found that the best thermal efficiencies were achieved at a compression ratio of 10.7:1. At this condition also the engine gave the widest stable working

**Table 1: Emission Improvements of Various Mixtures Compared to Gasoline**

| Bio-Fuel   | Emissions   |   |
|------------|---|---|
| Methanol   | Blended with gasoline: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Less <math>\text{CO}_2</math> emissions</li> <li>• <math>\text{NO}_x</math> variable on comp. ratio</li> <li>• CO varies but no significant change</li> <li>• HC lowered</li> </ul> | Blended with Diesel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Less particulates</li> <li>• Less <math>\text{NO}_x</math></li> <li>• Less HC</li> <li>• CO is variable no significant change</li> </ul>          |
| Ethanol    | Blended with Gasoline: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Less <math>\text{CO}_2</math></li> <li>• Less HC</li> <li>• CO and <math>\text{NO}_x</math> are variable but no significant change</li> </ul>                                       | Blended with Diesel <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lower particulates</li> <li>• Low <math>\text{CO}_2</math></li> <li>• CO, <math>\text{NO}_x</math>, and HC do not change significantly</li> </ul>  |
| Bio-Diesel | Modified Bio-Diesel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\text{NO}_x</math> increased</li> <li>• HC decreased</li> <li>• CO decreased</li> </ul>   | Unmodified Bio-Diesel: <ul style="list-style-type: none"> <li>• HC increased</li> <li>• Particulates increase</li> <li>• CO have no significant change</li> <li>• <math>\text{NO}_x</math> decreased</li> </ul> |

There has also been supported by J W G Turner, R J Pearson, and S A Kenchington paper is with a view to finding suitable engines to

performance. It was also found that the increasing the combustion ratio produced advanced ignition and energy relates rates.

### **Figures 2: Brake Thermal Efficiency of the DME HCCI Engine under Different CR**

They were able to control  $\text{NO}_x$  emissions due to the low temperature combustion resulting from HCCI strategies with lean mixtures (SAE Paper 990619).

Michael D. Gerty of MIT had John Hayward as project supervisor for this reason this author wants to have confidence in the findings made in this paper concerning the point at which maximum efficiency occurs. Gerty found that in four types of SI engines maximum efficiency occurs around the middle of the RPM range. The conclusions of this paper also find this to be the case. Reducing efficiencies at lower speeds than this range is attributed to the increased time for heat transfer into the cylinder head and walls. At speeds above this range reduced efficiency can be attributed to the friction BMEP rising exponentially.

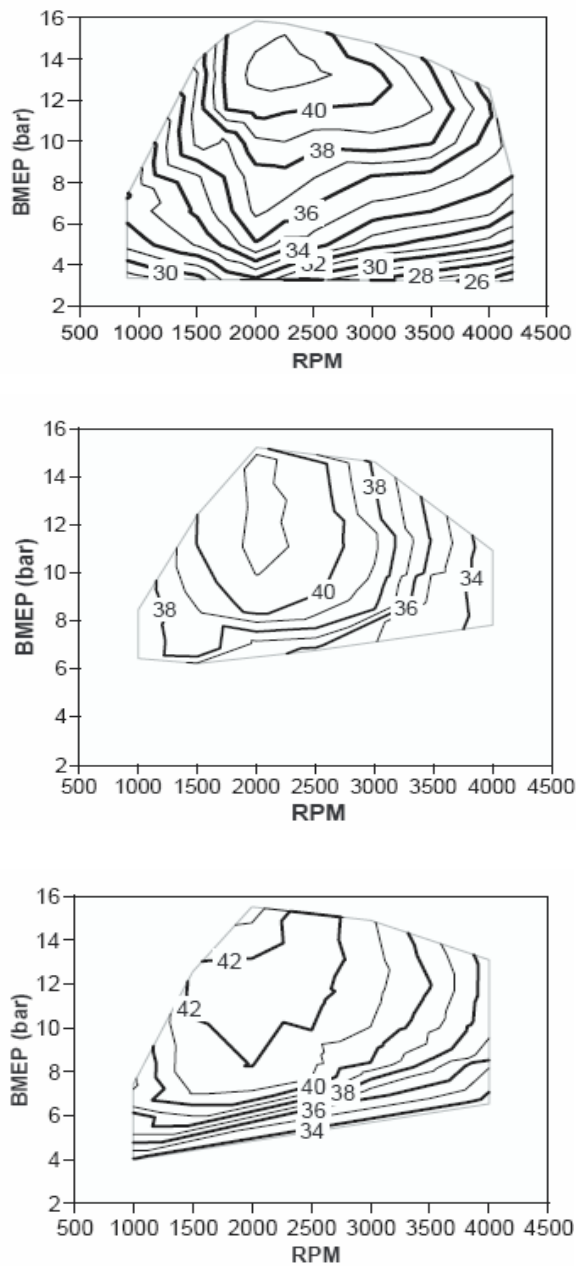
### **Figure 3: Change of Gross Efficiency with Lambda, 4.0bar NIMEP**

Among the many graphs is this one that would be of some use should the further work recommended in this paper be carried out. This paper also concluded that combustion ratios in naturally aspirated engines mostly benefits low speed torque. At higher speeds ignition retard necessary to avoid knock prevent increased gains in torque to be realised. A trade off is therefore necessary between low speed and high speed performance (MIT B.A.Cc Mechanical Engineering Paper in De Freitas and Denis R.M., 2006).

IMEchE Paper 2005 D09604 by Qi et al [1] based on their experiments around a spark ignition engine with a compression ratio of 7.4:1. Their experiments looked at blending alcohols with fuel in order to access the critical phase separation temperature. They discovered a tendency for high unburnt fractions of alcohol fuel at low loads. Taljaard et al concluded that alcohol produced less HC, CO,  $\text{NO}_x$  emissions and gasoline at Stoichiometric air fuel ratios. Other research they looked at showed a tendency for alcohol fuels to produce emissions high in formaldehyde, acetaldehyde and acetone. However, acetaldehyde is less of a problem for air quality when compared to polynuclear aromatics that gasoline engines emit in abundance. They confirmed that HC emissions decrease as alcohol content in the blend increased, this was also the case for  $\text{NO}_x$ . They also looked at the effect of alcohols on rubber in the engine fuelling system and found that it would increase rubber components mass thus constricting inner diameters eventually rendering it useless as a seal and leading to constriction of flow within fuel hoses. They found fluorocarbon carbon rubber to have good resistance to alcohols.

Matthew Brusstar et al [2-3] tested an engine similar in specification to the one presented in this paper using a combustion ratio of 19.5:1, while using EGR to suppress knock, they burnt ethanol at Stoichiometric values to achieve good emissions. They demonstrate that this configuration can give brake thermal efficiency of over 40% over a wide operating speed range. Methanol is shown to be the most

efficient with ethanol and the turbocharged diesel engine giving similar performance.



**Figures 4: Brake Mean Effective Pressure/RPM testing of Ethanol, Methanol and Diesel with Brake thermal efficiency contours.**

S. Scott Goldsborough and Peter Van Blarigan [4] Noted in Multi-dimensional, 0D and 1D modeling, and single step parametric variations

have been used to analyze and optimize the scavenging system for a free piston engine-generator, in order to ensure high efficiency operation with low output emissions. KIVA-3V was employed, along with models for the compressor and friction processes. A range of design options was investigated including the use of loop, hybrid-loop and uniflow scavenging methods, different charge delivery options, and various operating schemes. The postprocessing software, Ensight, allowed the in-cylinder and port dynamics to be visualized and more thoroughly understood. Using these tools, the overall array of design possibilities was significantly narrowed, while some interesting configurations were explored. The results of the analyses indicated that the loop and hybrid-loop methods as investigated here cannot achieve sufficient scavenging performance, while the uniflow method, although it increases the mechanical complexity of the engine, yields the most desirable scavenging characteristics. As calculated, an optimal arrangement employs a stratified scavenging scheme supplied by a steady, low temperature/pressure (~300K/1.2bar) charge. The highest possible thermal efficiency should result; however, control of fuel short-circuiting emissions, especially over small variations in the engine's operating frequency, may prove challenging. In addition, the means of supplying the fuel (carburetor or port injection) has not been addressed, and this will require additional study. On the other hand, this configuration seems to be capable of providing adequate mixing during scavenging and compression to enable rapid, TDC HCCI combustion, while maintaining efficient performance as the operating conditions vary slightly. It was seen that the in-cylinder flow characteristics, resulting from the scavenging process can significantly affect the operating performance.

The KIVA-3V calculations suggested that in the pre-mixed HCCI operating mode, with low  $\phi$  and moderate  $\zeta_{sc}$ , the production of NO<sub>x</sub> is more dependent on hot residual initiated pre-ignition and subsequent over-compression, than on the combustion of fuel-rich regions within the cylinder. In addition, changes in the flow patterns with frequency variation can lead to large increases in the short-circuiting emissions. Without adequate control, these losses may become unacceptable. One option to limit this may be to utilize low pressure, port injection, late in the scavenging cycle, in combination with a uniform intake manifold geometry. The injection timing and duration could be dynamically adjusted depending on the operating conditions, and as a result shortcircuiting emissions may be better managed.

## METHODOLOGY

The methodology was starting from engine selection to race fundamental, calculation of friction in engine and indicates of bore and stroke relationship, connecting rod, combustion chamber, compression ratio and valve configuration as well as fueling system. Further work was engine blueprinting and preparation. Principally, the author's affiliation to General Motors (GM) narrowed down the choices to one manufacturer. Then a survey was conducted of all the engines they produced in the recent past. A fairly modern engine that could be sourced fairly cheaply, second hand, was decided appropriate for the budget. The dynamometer to be used is only rated to 260 BHP so the engine size needed to be kept on the smaller size.

After in depth discussions with championship winning engine tuner, Martin Bowyer, the X18XE1 Ecotec engine from GM was selected. The XE1 was in production from 1999 to 2003 and proved itself to be an engine with excellent emissions characteristics, good low speed torque capability and good fuel efficiency.

## RESULTS, DISCUSSION AND CONCLUSION

There is little doubt that power increases with compression ratio but thermal efficiency

does not seem to. Power increase come into effect later in the rev band and would be a great additional boost any race team would be glad for. Whether the mid range band (4000 to 5000 RPM) of higher thermally efficiency can be tuned to come online later on, say between 6000 and 7000 this would make a good case for race engines nearly always operating at maximum efficiency. Since race engine spend most of their working cycle at the top of the rev range it would only be necessary to have the best efficiency there. Further simulations and a better dissection of the mathematical formulas could produce this result.

Two other deficiencies of this version of the software exist.

1. The inability to model and move the ignition point to better tune the engine model
2. There is no way of telling if indeed the engine is experiencing knock. For instance, simulations were run with gasoline fuel running at compression ration of 14:1 but it is an established fact that gasoline cannot do this without sever knock or massively advanced ignition. Therefore there is no way of ascertaining the optimal compression ratio with this software. This is a shame and physical testing is necessary. However, the software can help with engine development in conjunction with physical testing. Its superb ability to workout air flow from the careful modelling of the intake and exhaust systems allows for optimal manifold lengths to be worked out thus reducing the need to make many manifolds. On this front the change in position of the injector and the shape originally cast leaves little doubt that this camel's hump half way between the position of the racing injector and the valve needs to be filled in. At least the drawing made in Solid Works should be processed in a fluid dynamics package to verify the best model to take forward to the flow bench.

These additional tweaks are what race engine development is all about. Further work with the heat transfer coefficients would yield



more accurate results and maybe simple laboratory experiments to find out how much methanol can cool the inlet tract and incoming air would be of some help. The change in density of the air will significantly change both the power and Thermal efficiency (TE) as a cooler charge could lead to cooler combustion. Having said that, it is surprising that the 'finger' of TE in all the simulated models is not higher up the rev band. As an engine runs higher up toward its maximum power point the temperature of the coolant increases and at some point there should be saturation and a decreased amount of time the heat can transfer into the cylinder walls and head. With this in mind, pursuing the tuning of the TE band toward the full power range may be possible but really depends on getting all the fuel to burn in that short space of time. Perhaps this is why the TE decreases high up.

Most encouraging is the flow bench verification of the simulated power figures as well as those using Heywood's data. FlowCom being an American company have experience with methanol as a fuel. The results were almost exactly the same as those given by the simulation.

With increased power potential alcohol fuels will naturally move into Motorsport. Any fuel with enhance anti-knock capability would. But Bio ethanol and natural methanol have other benefits. Benefits that the distillers and distributors of the 'new fuel' want to get into the public domain. Motor racing is a natural place to start. Many in the public enjoy racing and regard racing technology as being the ultimate in performance.

Both the alcohol fuels tested give better energy efficiency after the air fuel ratios possible are factored in. The whole world needs to look carefully at their energy consumption and that goes hand in hand with energy efficiency. Refrigerators and light bulbs often come with stickers showing their energy efficiency and car and fuel should be the same.

Alcohol fuels need to be shown to be more efficient with added environmental benefits and

the terms like miles per gallon, specific fuel consumption need to be replaced with 'Mj per mile' and 'specific energy consumption'.

In this way the fuels can be compared on a truly level playing field.

However, currently car manufactures are making a compromise and are only making so called Flex fuel cars. This is a compromise so that they can still run on ordinary petrol. The real benefit of alcohol is its ability to run at higher compression ratios and produce more power with the same amount of fuel. In Brazil, where they have been running 'alcohol' since the 1960's there is still this compromise. Not until engines are manufactured or in the case of racing allowed to run higher CR can the true benefits be realised. Once that step is made there will be no looking back. With only 11 petrol stations presently unless the big oil companies go into a price war to suppress it there is little doubt that these fuels will eventually take a good share of the market.

The public is conscious of environmental issues and many would like to know that they are using a fuel that is carbon neutral, coming from totally renewable sources. The economic benefits for rural and Third World economies to generate income will help alleviate poverty and give a certain degree of self sufficiency to individual countries. Why transport oil thousands of miles when you can grow it in your back garden?

Hopefully racing will promote E-85 and show it to be an excellent product. Hopefully the oil companies will not smother its renewed resurgence. This fuel is not the cure all to the energy woes we currently face but this author feels it is a good stepping stone to carry us until the real dream is realised.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

This paper was supported by director of post graduate program automotive engineering, faculty of engineering Kingston University. Supervision of the monitoring research was carried out by Mr. Marchant.

## REFERENCES

- De Freitas, C.C. and Marchant, D., 2006, Effects of Compression Ratio on Thermal Efficiency and Power Using Alternative Fuels, M.Sc. Thesis, Automotive Engineering, Kingston University, London
- Brusstar, M., et al, 2002, *High Efficiency and Low Emissions from a Port-Injected Engine with Neat Alcohol Fuels*, sae-2002-01-2743-v2.pdf, U. S. Environmental Protection Agency
- Brusstar, M. and Bakenhus, M., 2006, *Economical, High-Efficiency Engine Technologies for Alcohol Fuels*, National Vehicle and Fuel Emissions Laboratory, epa-fev-isaf-no55.pdf, U. S. Environmental Protection Agency
- Goldsborough, S. S. and Blarigan, P. V., 2003, *Optimizing the Scavenging System for a Two-Stroke Cycle, Free Piston Engine for High Efficiency and Low Emissions: A Computational Approach*, International Multidimensional Engine Modeling User's Group Meeting at the SAE Congress, Sandia National Laboratories.

# VARIASI KOMPOSISI BAHAN GENTENG SOKA UNTUK MENDAPATKAN DAYA SERAP AIR YANG OPTIMAL

Musabbikhah<sup>1)</sup>; Sartono Putro<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Jurusan Teknik Mesin AT.Warga  
Email: mus\_a2002@yahoo.com

Jl.Raya Solo Baki Km 2, Kwarasan, Solo Baru

<sup>2)</sup> Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Kotak Pos 1 Pabelan Surakarta  
Email: sartono\_putro@ums.ac.id

## ABSTRAK

*Genteng merupakan salah satu komponen penting pembangunan perumahan yang memiliki fungsi untuk melindungi rumah dari suhu, hujan maupun fungsi lainnya. Agar kualitas genteng optimal, maka daya serap air harus seminimal mungkin, agar kebocoran dapat diminimalisir. Metode yang digunakan untuk mengoptimalkan daya serap air genteng adalah Taguchi.*

*Dalam penelitian ini terdiri 4 variabel bebas masing-masing 2 level faktor yaitu tanahliat, (80% dan 85%), Pasir (14% dan 10%), semen merah (5% dan 3.5%), Dolumite (1% dan 1.5%). Sedangkan variabel responnya adalah daya serap air. Karakteristik kualitas yang digunakan adalah smaller the better. Berdasarkan Analysis of Variansi menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan daya serap air, agra genteng tidak mudah bocor komposisi tanah liat, pasir, semen merah dan dolumite memberikan persen kontribusi masing-masing 16.45%, 19.69%, 20.59% dan 5.27%. Kondisi optimal daya serap air dicapai pada variasi A1B1C1D2, artinya komposisi tanah liat 80%, pasir 14%, semen merah 5% dan dolumite 1.5%. Perbandingan variasi kondisi sebelum dan sesudah dilakukan penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan nilai S/N dari (-20.454 menjadi -18.712), penurunan stadart deviasi drai (1.553 menjadi 1.25). Nilai Cp dan CPk mengalami peningkatan dari (0.999 menjadi 1.234), artinya bahwa proses pembuatan genteng Soka, capable karena nilai Cp>1 seiring dengan meningkatnya fungsi nilai keuntungan sebesar 34.4 cents/\$1loss.*

**Kata kunci:** Kekuatan Tekan, Metode Taguchi, Genteng Soka

## PENDAHULUAN

Tingginya jumlah penduduk di Kabupaten Sukoharjo mendorong pembangunan fisik semakin meningkat, khususnya kebutuhan sektor perumahan. Untuk menjaga kelancaran pembangunan perumahan, maka bahan-bahan bangunan harus tersedia dalam kapasitas yang

memadai. Genteng merupakan salah satu bahan dasar yang harus dipenuhi. Semakin tingginya pembangunan perumahan, maka kebutuhan akan bahan bangunan semakin meningkat. Peningkatan ini mencapai puncaknya, setelah terjadinya musibah gempa Yogyakarta dan sekitarnya pada tahun 2005. Musibah selanjutnya yaitu banjir dan

tanah longsor pada tahun 2007 yang mengakibatkan sebagian wilayah Sukoharjo merupakan salah satu daerah yang terkena bencana alam tersebut.

Berdasarkan Survei Krenova tahun 2007, Kabupaten Sukoharjo yang terdiri dari 12 Kecamatan yang terbagi menjadi 17 Kelurahan, 150 Desa, 1.278 RW, dan 3.676 RT memiliki beberapa industri yang berpotensi dalam menunjang pembangunan dan Pendapatan Anggaran Daerah (PAD). Salah satu industri tersebut adalah industri genteng. Sentra industri genteng di Kabupaten Sukoharjo berada di Kecamatan Weru dan Mojolaban sebanyak 839 unit pengrajin dan menyerap 2.300 orang tenaga kerja. Jumlah produksinya mencapai 125.000.000 buah per tahunnya.

Banyaknya sentra industri Genteng Soka dapat meningkatkan taraf hidup dan perekonomian masyarakat Kabupaten Sukoharjo karena dapat menyerap tenaga kerja sekitar.

*Off line quality control* merupakan pendekatan yang efektif untuk memperoleh produk/proses yang berkualitas tinggi dengan cepat, tepat dan biaya yang relatif murah. Aktivitas ini terdapat pada perencanaan produk, dan tahapan desain serta perencanaan produksi. Metode Taguchi menggabungkan teknik desain eksperimen dan quality loss. serta secara khusus diterapkan pada pengendalian kualitas “*off line*” yang dibedakan menjadi tiga tahap yaitu system design, parameter design dan tolerance design.

## TINJAUAN PUSTAKA

### A. Proses Pembuatan Genteng

Menurut (Musabbikhah, 2001), dalam pembuatan genteng Soka, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pencampuran komposisi bahan yang meliputi tanah liat, pasir, semen merah, dolumite dan air sesuai standart industri.
2. Selanjutnya campurkan bahan tambah hingga merata, hindarkan terjadi penumpukan antara bahan baku dengan bahan tambah yang dapat menyebabkan non homogenitas bahan.

3. Pencetakan, tujuannya agar terjadi pelapukan kembali, sehingga homogenitas dan suatu ikatan yang kuat antar butir-butir dari semua bahan baku dan bahan tambah yang lebih padat dengan kandungan udara lebih kecil (tidak terjadi ruang udara di dalamnya), karena akan mempengaruhi terjadinya daya serap air yang tinggi.
4. Pengeringan, dilakukan pada tempat yang terhindar dari udara lembab agar genteng menjadi benar-benar kering atau kadar air kecil sehingga kalau ditimbang tidak terlalu berat.
5. Pembakaran, dilakukan menggunakan kayu atau kulit padi.
6. Pembongkaran, dilakukan secara hati-hati untuk menghindari retak atau pecah.

### B. Pengujian Daya Serap Air

Agar dihasilkan mutu genteng yang baik, maka perlu memilih bahan-bahan yang baik, dan juga memperhatikan komposisi material yang digunakan serta homogenitas bahan. Kepadatan genteng dapat menghasilkan kekuatan genteng dan daya serap air yang kecil, sehingga kualitas genteng semakin baik. Besarnya daya serap air dirumuskan :

$$\% \text{ daya serap air} = \frac{\text{Berat genteng kering}}{\text{Berat genteng basah}} \times 100\%$$

### C. Filosofi Taguchi

Pengendalian kualitas dapat dibagi ke dalam dua tahap yaitu :

- a). Pengendalian kualitas “*off line*” terkait dengan aktivitas selama pengembangan produk dan disain proses.

Aktivitas yang dilakukan adalah :

- 1). Mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan yang diharapkan oleh konsumen.
- 2). Mendisain produk yang sesuai dengan harapan konsumen.
- 3). Mendisain produk secara konsisten dan secara ekonomi menguntungkan.
- 4). Mengembangkan secara jelas dan spesifik dari standar, prosedur dan peralatan.



- b). Pengendalian kualitas “*On-line*” terkait dengan proses selama produksi.  
Pengendalian kualitas “*On-line*” berarti memelihara kekonsistenan produk dan proses sehingga meminimumkan variasi antar unit.  
Taguchi mengusulkan langkah-langkah yang sistematis dalam melakukan eksperimen yaitu sebagai berikut: menyatakan permasalahan yang akan dipecahkan; penentuan tujuan penelitian; menentukan metode pengukuran; identifikasi faktor.
- c) Brainstorming
- d) Diagram Sebab Akibat (*Ishikawa Diagram*)
- e) Memisahkan faktor kontrol dan *noise* faktor
- f) Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi.
- g) Menggambarkan *linear graph* yang diperlukan untuk faktor kontrol dan interaksi.
- h) Memilih Orthogonal Array
- i) Memasukkan faktor dan atau interaksi ke dalam kolom
- j) Melakukan percobaan
- k) Analisis hasil eksperimen
- l) Pemilihan level faktor untuk kondisi optimal.
- m) Perkiraan rata-rata proses pada kondisi optimal

**D. Penerapan Metode Taguchi**

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Genechi Taguchi pada tahun 1940 yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses eksperimen. Metode taguchi berkembang berdasarkan pendekatan yang secara keseluruhan berbeda dengan metode konvensional dalam rekayasa kualitas. Dalam pengendalian kualitas Taguchi telah menggabungkan falsafah-falsafah besar yang ada pada industri manufaktur. Pendekatan metode Taguchi pada rancangan eksperimen diharapkan mampu menghasilkan pengembangan kualitas yang kokoh (*robust*) terhadap faktor *noise*.

Langkah-langkah yang dilakukan pada metode Taguchi adalah :

- 1). Identifikasi faktor, memisahkan faktor noise dan faktor kontrol

- 2). Penentuan level faktor sehingga diperoleh derajat bebas
- 3). Mengidentifikasi faktor yang mungkin berinteraksi
- 4). Memilih *Orthogonal Array* yang sesuai
- 5). Memasukkan faktor utama dan interaksi ke dalam kolom dengan bantuan *linear graph* atau *triangular table*.
- 6). Melakukan eksperimen
- 7). Menghitung *Signal To Noise Ratio* (S/N Ratio)  

$$S/N = - 10 \log \text{MSD}$$

$$S/N = -10 \log (y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_N^2)/N \dots(2)$$

- 10).Menentukan kombinasi level faktor optimal untuk respon berdasarkan grafik dan tabel respon serta menentukan *Confidence interval* untuk S/N Ratio.

11).Percobaan konfirmasi  
 Hasil eksperimen konfirmasi akan menentukan apakah level faktor optimal yang diperoleh bisa diperluas ke skala industri.  
 Fungsi kerugian(Ross, 1996), dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

- 1) *Smaller the better*  

$$L(y) = k (y-m)^2 \dots\dots\dots(3)$$
- 2) *Nominal the better*  

$$L(y) = k(y)^2 \dots\dots\dots(4)$$
- 3) *Larger the better*  

$$L(y) = k(1/y)^2 \dots\dots\dots(5)$$

**METODE PENELITIAN**

Bahan yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah tanah liat, pasir, semen merah, air, dolumite, kaoline, barium Carbonat.

Peralatan yang dipergunakan antara lain molen, alat cetak,tungku pembakaran, skop, ayakan pasir, gerobak, timbangan,

- 1. Variabel Bebas (*dependent variable*): komposisi bahan genteng yang meliputi tanah liat, pasir, semen merah, dan dolumite.
- 2. Variabel Terikat‘(*independent variable*): Daya serap air genteng.
- 3. Karakteristik kualitas yang digunakan: *Smaller the better*

4. Pemilihan array orthogonal : L8 (2<sup>7</sup>)  
 Alasan penggunaan array orthogonal ini, jumlah total derajat bebas adalah 7, dengan 2 level faktor, sehingga matrik yang paling mendekati adalah L8 (2<sup>7</sup>).

**Tabel 1. OA L8 (2<sup>7</sup>)**

| Eksp    | Columns |   |   |   |   |   |   |
|---------|---------|---|---|---|---|---|---|
|         | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Trial#1 | 1       | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Trial#2 | 1       | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Trial#3 | 1       | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Trial#4 | 1       | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Trial#5 | 2       | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Trial#6 | 2       | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| Trial#7 | 2       | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| Trial#8 | 2       | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 |

5. Data daya serap air dengan 2 kali replikasi.  
 6. Metode yang digunakan : Taguchi

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil perhitungan signal to noise ratio dengan metode Taguchi pada daya serap air genteng „Soka” ditunjukkan pada tabel 2.

**Tabel 2. S/N Ratio of Experimental Trial Result**

|         | Sampel#1 | Sampel#2 | S/N Ratio |
|---------|----------|----------|-----------|
| Trial#1 | 8.33%    | 10.53%   | -19.549   |
| Trial#2 | 11.11%   | 8.33%    | -19.842   |
| Trial#3 | 10.81%   | 8.33%    | -19.691   |
| Trial#4 | 13.51%   | 10.53%   | -21.665   |
| Trial#5 | 11.11%   | 10.53%   | -20.688   |
| Trial#6 | 10.53%   | 10.81%   | -20.565   |
| Trial#7 | 10.53%   | 11.11%   | -12.688   |
| Trial#8 | 8.33%    | 13.51%   | -21.003   |

Kondisi optimum dicapai pada level faktor A1B1C1D2 yaitu komposisi tanah liat 80%, pasir 14%, semen merah 5% dan dolumite 1.5% seperti ditunjukkan pada tabel 3.

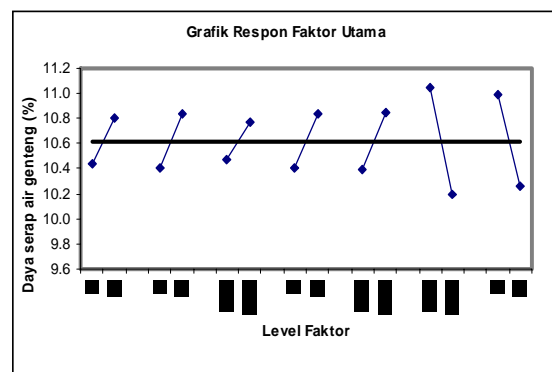
**Tabel 3. Optimum Condition and Performance**

|   | Factors       | Level Desc | Level | Contrib |
|---|---------------|------------|-------|---------|
| 1 | A:Tanah liat  | 80%        | 1     | 0.274   |
| 2 | B:Pasir       | 14%        | 1     | 0.300   |
| 3 | INTERACT 1x2  | *INTER*    | 1     | 0.190   |
| 4 | C:Semen merah | 5%         | 1     | 0.307   |
| 5 | INTERACT 1x4  | *INTER*    | 1     | 0.259   |
| 6 | INTERACT 2x4  | *INTER*    | 2     | 0.264   |
| 7 | D:Domulite    | 1.5%       | 3     | 0.155   |

Berdasarkan hasil perhitungan S/N Ration daya serap air genetng press, maka dapat diketahui faktor-faktor yang dapat memberikan respon terendah sampai yang tertinggi terhadap tinggi rendahnya daya serap air genteng yang ditampilkan dalam bentukl tabel faktor utama dan faktor interaksi. Tabel respon daya serap air genteng ditunjukkan pada tabel 4.

**Tabel 4. Respon Faktor Utama(%)**

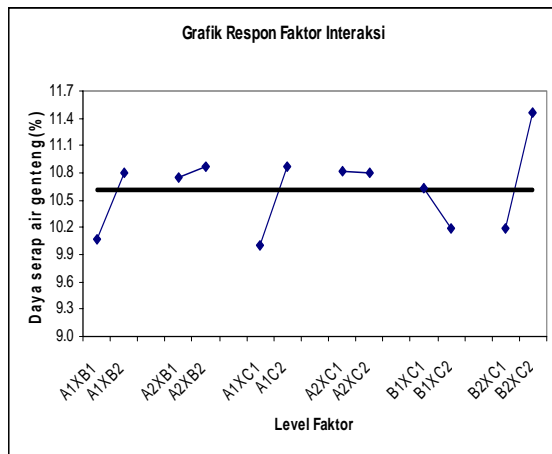
| Level | A    | B    | AXB  | C    | AXC  | BXC  | D    |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1     | 10.4 | 10.4 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 11   | 11   |
| 2     | 10.8 | 10.8 | 10.8 | 10.8 | 10.8 | 10.2 | 10.3 |



**Gambar 1. Respon Faktor Utama**

Dalam penelitian daya serap air genteng, terdapat 3 interaksi antar kedua level faktor seperti ditunjukkan pada tabel 5.

**Tabel 5. Respon Faktor Interaksi**



Atau  $MSD = 10^{[-(S/N)/10]} = 74.34$   
 Dimana :  $MSD = [Avg.(y_i)^2] = Y_{exp}^2$   
 $Exp = SQR(MSD)$   
 Expected performance in QC units is :  
 $Y_{exp} = 8.63$  Qcunit  
 Kondisi optimum;  $S/N = -18.712$

Besarnya main effect dalam penelitian daya serap air genteng ditunjukkan pada tabel 6.

**Tabel 6. Main Effect Daya Serap Air**

|   | Factors        | Level 1 | Level 2 | L2-L1  |
|---|----------------|---------|---------|--------|
| 1 | A: Tanah liat  | -20.187 | -20.376 | -0.549 |
| 2 | B: Pasir       | -20.161 | -20.762 | -0.601 |
| 3 | INTERACT 1x2   | -20.27  | -20.652 | -0.383 |
| 4 | C: Semen merah | -20.154 | -20.768 | -0.615 |
| 5 | INTERACT 1x4   | -20.202 | -20.721 | -0.519 |
| 6 | INTERACT 2x4   | -20.726 | -20.196 | 0.529  |
| 7 | D: Domulite    | -20.617 | -20.306 | 0.31   |

| Level | A1             | A2    | C1    | C2    | Daya Serap (%) | Daya Serap (%) | Daya Serap (%) | Daya Serap (%) |
|-------|----------------|-------|-------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| B1    | A: Tanah liat  | 10.1  | 10.7  | 10.6  | 10.3           | 10.1           | 10.8           | 10.45          |
|       | B: Pasir       | 10.1  | 10.7  | 10.6  | 10.3           | 10.1           | 10.8           | 10.45          |
| B2    | INTERACT 1x2   | 10.21 | 11.50 | 10.29 | 10.9           | 10.28          | 10.95          | 10.5           |
|       | C: Semen merah | 10.21 | 11.50 | 10.29 | 10.9           | 10.28          | 10.95          | 10.5           |
| 4     | INTERACT 1x4   | 10.21 | 11.50 | 10.29 | 10.9           | 10.28          | 10.95          | 10.5           |
| 5     | INTERACT 2x4   | 10.21 | 11.50 | 10.29 | 10.9           | 10.28          | 10.95          | 10.5           |
| 6     | D: Domulite    | 10.21 | 11.50 | 10.29 | 10.9           | 10.28          | 10.95          | 10.5           |
| 7     | Total          | 10.21 | 11.50 | 10.29 | 10.9           | 10.28          | 10.95          | 10.5           |

Untuk hasil perhitungan ANOVA ditunjukkan pada tabel 6.

**Tabel 6. Analysis of Variance (ANOVA)**

Berdasarkan hasil perhitungan S/N ratio yang dilakukan, menunjukkan bahwa hasil optimal yang dicapai untuk daya serap air genteng masih berada dalam batas spesifikasi yang ditentukan 90 %, sehingga penelitian ini dapat diperluas ke skala yang industri.

**Pembahasan**

Genteng Soka merupakan salah satu komponen yang sangat penting dalam sektor pembangunan perumahan. Oleh sebab itu genteng yang digunakan harus berkualitas agar dapat meraih pangsa pasar. Berdasarkan ANOVA diketahui bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas genteng adalah komposisi tanah liat, pasir, semen merah dan dolumite serta interaksi antar dua faktor. Software yang digunakan untuk membantu mengoptimalkan kadar air Genteng Soka adalah Desain Taguchi. Besarnya S/N optimal pada Genteng Soka dicapai pada level faktor A1B1C1D2 yaitu artinya komposisi tanah liat 80%, pasir 14%, semen merah 5% dan dolumite 1.5%.

Estimate of expected result from S/N rasion adalah :  
 $S/N = -10 \log (MSD) = -18.712$

Dalam penelitian ini, pengurangan variasi ditunjukkan adanya perbaikan kondisi yang mendekati nilai target dan variasinya menurun. Hal ini terbukti bahwa nilai CP dan CPK meningkat dari 0.999 menjadi 1.234. Ini menunjukkan bahwa proses pembuatan genteng Soka sangat capable ditinjau dari daya serap air, karena nilai CPK > 1. Perbaikan ini juga diperoleh dari penurunan standar deviasi dari 1.553 pada kondisi awal, menjadi 1.25 pada kondisi akhir. Nilai S/N Ratiomengalami peningkatan dari (-20.545) pada kondisi awal menjadi (-18.712) pada kondisi akhir. Adapun besarnya loss function yang diperoleh dalam proses pembuatan genteng Soka ini sebesar 34.4 cent/\$ loss. Hal ini menunjukkan bahwa metode Taguchi mampu mengoptimalkan daya serap air genteng Soka sehingga kualitas genteng meningkat karena semakin kecil daya serap

air, kemungkinan terjadi kebocoran genteng semakin kecil.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi daya serap air genteng soka adalah komposisi tanah liat, pasir, semen merah, dolomite dan interaksi antara kedua faktor tersebut.
2. Besarnya taksiran optimal yang dapat mengoptimalkan daya serap air genteng adalah -18.712.
3. Besarnya S/N yang dapat mengoptimalkan respon daya serap air genteng dicapai pada level faktor A1B1C1D2 artinya komposisi tanah liat 80%, pasir 14%, semen merah 5% dan dolomite 1.5%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basuki; Musabbikhah, 2003, *Penerapan Prosedur Multi Respon Signal To Noise Pada gas buang NOx dan CO*, Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Vol 02 Nomor 1, 1-8.
- Douglas C. Montgomery, 1997, *Design and Analysis Experiments*, Fourth Edition, Arizona State University.
- Lochner Rhand Matar, 1999, *Designing For Quality, An Introduction to The Best of Taguchi and Western Method of Statistical Experimental Design Quality Resources and ASQC Quality*, Press Milwaukee, Wisconsin, New York.
- Musabbikhah, Evy H, 2003, *Rancangan Furan dengan Prosedur MRSN*, Prosiding Seminar Nasional, ITS, Surabaya.
- Musabbikhah, 2004, *Minimasi Kadar Polutan HC dan CO2 dengan Prosedur MRSN Pada Metode Taguchi*, Proceedings Seminar Nasional Universitas Setia Budi Surakarta, 48-57.
- Nicolo Belavendram., 1999, *Quality By Design*, Second Edition, Prentice Hall, International.
- Phillip J. Ross, 1998, *Taguchi Techniques for Quality Engineering*, Second Edition, MC Graw Hill, Singapore.
- Tong, L and Chao, T Su., 1997, *Optimizing Multirespon Problems In The Taguchi Methods by Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*, Quality And Reliability Engineering International, Vol 13, 25-34.

[www.gentengpelita.com](http://www.gentengpelita.com)



# SIFAT FISIS DAN MEKANIS KOMPOSIT SERAT LIMBAH PATI ONGGOK SANDWICH DENGAN CORE SERAT ACAK DARI BAHAN LIMBAH SEKAM PADI DENGAN Matrik Resin

Ngafwan

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta  
E-mail: ngafwan@ums.ac.id

## ABSTRACT

*Nature composite from skin rice fibre and palm sago fibre have different mechanical and physycs properties characteristic , that have done from result of our researh before. Therefore there is many research that can composse the properties of materials above. The methode of compossing two fiber use poliester that have 20%, 30%, and 40% volume fraction of that matrice, compossing with sandwich layer.*

*Characterizing properties testing used are thermal conductivity test, and bending test. The result are, at high thermal condition the conductivity was decrease for all above materials. The decreasing of conductivity of this sandwich compsite is more significant. The sandwich composite more tough than skin rice fibre composite.*

*The resume is the mechanical properties ( bending toughness) more less significant of the thermal conductivity that more better.*

**Key words:** *sandwich composite, kodontivity, bending strength*

## PENDAHULUAN

Serat sago (Serat pati Onggok) dan Sekam padi adalah limbah organik yang jumlahnya sangat banyak dan nilai ekonomisnya sangat murah. Agar bahan limbah ini dapat dipakai sebagai material teknik maka perlu dikembangkan sebagai bahan komposit yang sesuai sifat fisis dan mekanisnya. Sekam padi sering dipakai bahan untuk menyimpan es artinya sekam padi merupakan bahan isolator panas yang baik.

Serat sago (pati onggok) merupakan serat alam yang mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan sekam terutama kekuatan tarik maka jika dua material serat ini digabungkan mempunyai harapan untuk perbaikan komposit sekam padi.

Sifat isolator panas yang dimiliki sekam padi tersebut perlu pemikiran pengembangan material komposit baru yang bahan dasar dari limbah sekam padi sebagai penghambat panas dan serat sago mempunyai sifat mekanis yang lebih baik dibandingkan sekam padi sehingga harapan yang dilakukan penelitian ini adalah untuk dapat memperbaiki sifat mekanis dari material sekam padi yang diperoleh hasil dari penelitian yang terdahulu bahwa dari sita mekanis yang dihasilkan pada penelitian masih sifat mekanisnya sangat rendah.

## Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fenomena sifat fisis yaitu hambat panas komposit sandwich dengan core komposit yang dibuat dari

sekam padi sebagai serat dengan matrik Resin dan sifat mekanis yaitu kekuatan bending.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Kekuatan ikatan antara matrik dan serat akan menimbulkan tegangan dalam serat, tegangan yang tinggi pada ujung serat menimbulkan adanya aliran plastik dalam matrik logam. Untuk dapat memanfaatkan kekuatan serat yang cukup tinggi, perlu dilakukan pencegahan agar zona plastik dari matrik tidak merambat melampaui tengah-tengah serat, sebelum regangan dalam serat mencapai regangan putus (Dieter, 1996).

Pengujian kekuatan tarik, bending dan impact terhadap komposit serat gelas 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan berat jenis 300 gram/m<sup>2</sup> yang dilakukan oleh Dany Yanuar dan Diharjo K (2003), diperoleh kekuatan tarik sebesar 67,118 MPa, kekuatan bending 175,25 MPa dan kekuatan impact 0,045 J/mm<sup>2</sup>.

Sudiyono dan Diharjo K. (2004), pada pengamatan awal penelitian yang sedang berjalan, menunjukkan adanya indikasi awal kelemahan pada komposit sandwich dengan *core foam/PU*, yaitu mudah lepasnya ikatan komposit dengan *core foam*.

Hal ini disebabkan oleh sifat foam yang mudah *mripil*. Jenis core ini tidak cocok untuk digunakan sebagai core komposit sandwich yang menerima beban bending, geser, impact, dan tarik. Core ini hanya cocok untuk beban tekan yang ringan.

Ngafwan dan Diharjo K (2004) dari hasil penelitian komposit sandwich serat gelas dengan core PVC, kekuatan bending dan impact lebih baik yaitu pada H 2000PVC Core dengan H 100 PVC Core.

**1. Aspek Geometri**

Gibson (1994), Untuk memperoleh komposit berkekuatan tinggi penempatan serat disesuaikan dengan geometri serat, arah, distribusi dan fraksi volume. Komposit yang susunannya lamina *unidirectional*, serat kontinu dengan jarak antar serat sama, dan direkatkan secara baik oleh matrik, fraksi volume dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Shackelford, 1992): seperti ditunjukkan pada gambar 1.

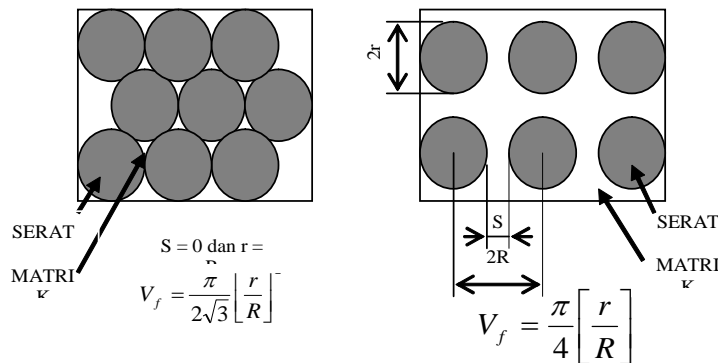
$$V_1 = \frac{W_1 / \rho_1}{W_1 / \rho_1 + W_2 / \rho_2 + \dots} \dots\dots\dots (1)$$

$$W_1 = \frac{\rho_1 V_1}{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \dots} \dots\dots\dots (2)$$

dengan catatan :  
 V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, ... = fraksi volume,  
 W<sub>1</sub>, W<sub>2</sub>, ... = fraksi berat  
 ρ<sub>1</sub>, ρ<sub>2</sub>, ... = densitas bahan pembentuk

Kekuatan komposit dapat ditentukan dengan persamaan (Shackelford, 1992) :

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m V_m \dots\dots\dots (3)$$



**Gambar 1. Komposit Serat Teratur**

## 2. Kekuatan Bending

Material komposit mempunyai sifat tekan lebih baik dibanding tarik, pada perlakuan uji bending spesimen, bagian atas spesimen terjadi proses tekan dan bagian bawah tarik sehingga kegagalan yang terjadi akibat uji bending kejadiannya yaitu mengalami patah dibagian bawah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Kekuatan bending komposit dapat ditentukan dengan persamaan 4 berikut ini :

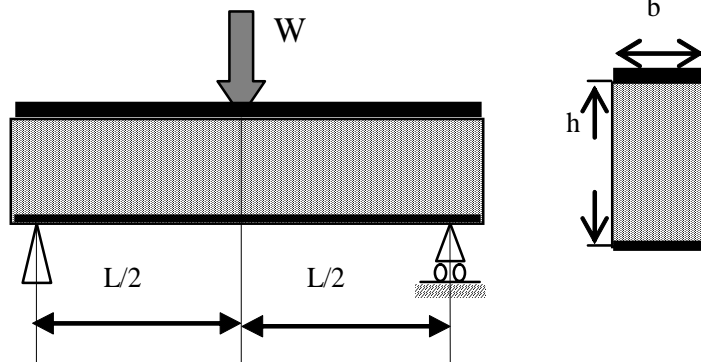
$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2} \left[ 1 + 4 \left( \frac{\delta}{L} \right)^2 \right] \dots\dots\dots 5$$

Dimensi balok dapat kita lihat pada gambar 2. berikut :

Gaya geser pada uji bending dapat ditentukan memakai persamaan 6.

$$\tau = \frac{P}{(d + c) \times b} \dots\dots\dots 6$$

..... (4)



**Gambar 2. Potongan Penampang Balok Komposit Sandwich**

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bh^2}$$

## 3. Konduktivitas Panas

Dalam menghantarkan panas, suatu material pada umumnya mempunyai tiga cara yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada konduksi, panas dialirkan dari satu molekul/atom ke molekul/atom disampingnya. Arus panas (yaitu panas yang dihantarkan per satuan waktu) sebanding dengan luas penampang yang dilewati panas tersebut. Pengalaman sehari-hari memperlihatkan bahwa panas itu mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah. Sehingga makin besar gradien suatu bahan yang dialiri panas, makin besar arus panas itu.

Jika defleksi maksimum yang terjadi lebih dari 10 % dari jarak antar penumpu (L), kekuatan bendingnya dapat dihitung dengan persamaan 5 yang lebih akurat daripada persamaan 4.

$$q = -k_a \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta x_a} = -k_b \cdot A \frac{\Delta T}{\Delta x_b} \dots\dots\dots (7)$$

$$q = \frac{T_0 - T_3}{\frac{\Delta x_a}{k_a A} + \frac{\Delta x_b}{k_b A} + \frac{\Delta x_c}{k_c A}} \dots\dots (8)$$

Dimana :

- q : Kalor, (Watt).
- K : Konduktivitas thermal, (W/m°C).
- A : Luas Penampang, (m<sup>2</sup>).
- Δx : Tebal, (m)
- ΔT : Kalor yang mengalir, (Watt).

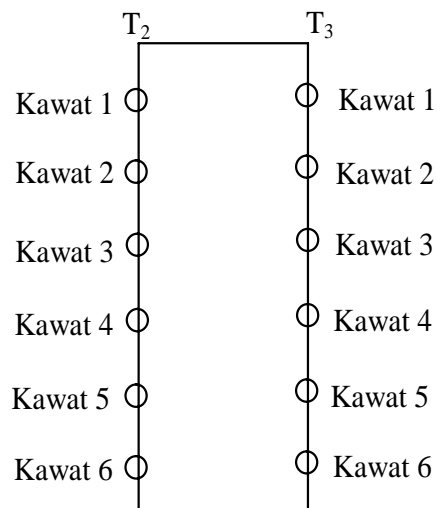
### Gambar 3. Cara Uji Hambat Panas

#### METODOLOGI PENELITIAN

Untuk pengujian hambat panas menggunakan metode seperti gambar 3.20, kotak 1 yang berisi air dipanaskan dengan menggunakan *heater* sehingga panas akan mengalir dari air dikotak 1 ke alumunium tipis yang berfungsi sebagai kontrol kemudian ke air dikotak 2 lalu ke alumunium tebal dan ke komposit, dari perpindahan kalor tersebut dapat diketahui selisih suhu ( $\Delta T$ ) sehingga dapat dicari nilai “k” atau konduktivitas komposit.

Pengambilan data pada pengujian dilakukan urutan sebagai berikut:

- Kawat 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5 dan 1-6
- Kawat 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5 dan 2-6
- Kawat 3-1, 3-2, 3-3, 3-4, 3-5 dan 3-6
- Kawat 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5 dan 4-6
- Kawat 5-1, 5-2, 5-3, 5-4, 5-5 dan 5-6
- Kawat 6-1, 6-2, 6-3, 6-4, 6-5 dan 6-6



Gambar 4. Spesimen uji panas

Gambar 5. Skema Urutan Pencatatan Suhu

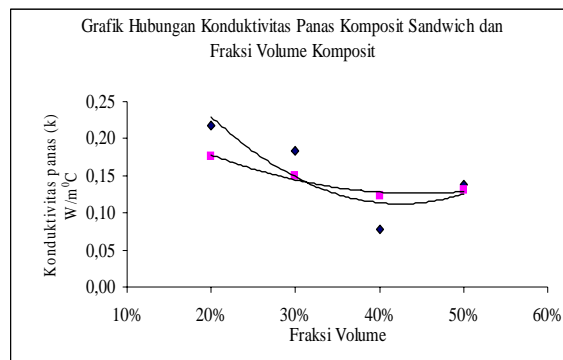


## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Hambat Panas

Pada pengujian yang dilakukan dari dua material diperoleh bahwa semakin besar fraksi volume serat pada komposit nilai hambat panas terjadi penurunan, namun jika dibandingkan dengan material sandwich bahwa tingkat penurunan material sandwich lebih besar.

Kejadian ini diakibatkan oleh adanya media perambatan kalor yaitu pada material sandwich terdapat perpindahan kalor secara konduksi dan radiasi, yang pada kondisi udara perambatan kalornya melalui radiasi secara tertutup pada ruangan

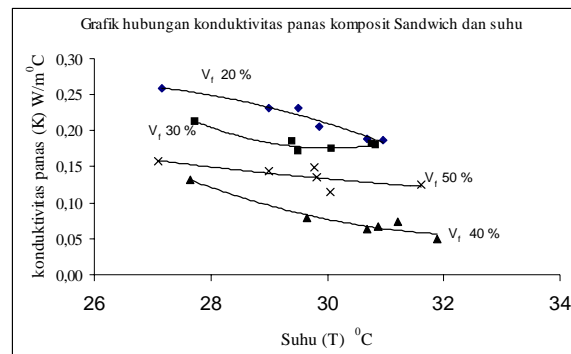


**Gambar 6. Konduktivitas vs Fraksi Volume**

Fenomena konduktivitas panas pada komposit tidak sandwich dengan peningkatan temperatur menunjukkan bahwa tren yang terjadi konduktivitas panas menurun seiring peningkatan temperatur seperti yang terlihat pada gambar 6, namun penurunan nilai hambat panas ini perlahan-lahan. Jika dilihat sesuai dengan fraksi volume serat maka material yang fraksi volumenya 50% nilai hambat panasnya lebih baik.

Pada material sandwich seperti pada gambar 7, nilai hambat panas yang diperoleh yaitu dengan peningkatan temperatur nilai hambat panas semakin kecil sesuai dengan peningkatan penurunan temperatur, tingkat penurunan hambat panas dibandingkan dengan komposit tidak sandwich penurunannya lebih besar. Pada perambatan kalor cara radiasi temperatur sangat

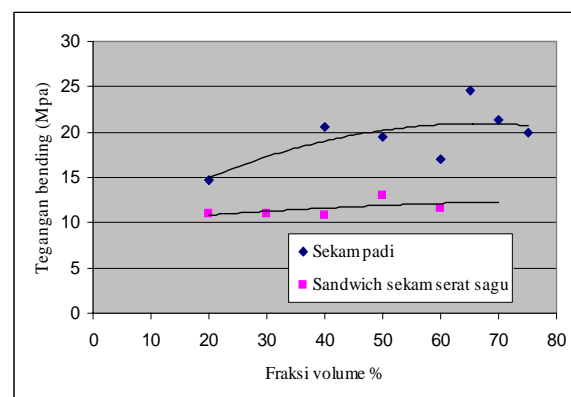
mempengaruhi kecepatan perambatan yaitu sesuai dengan persamaan  $\dot{Q} \propto T^4$ . Sehingga pada material komposit sandwich lebih baik nilai hambat panas.



**Gambar 7. Konduktivitas vs Suhu**

### Uji bending

Kejadian ini pada material sandwich yang dibuat ternyata pada uji bending sebelum spesimen uji patah kejadian yang terjadi adalah kekuatan lapisan polyester sebagai perekat dua material terkelupas dan diikuti patahnya inti dari sandwich terutama pada fraksi volume rendah.



**Gambar 8. Konduktivitas vs Fraksi Volume**

Hasil uji bending yang dilakukan pada komposit sandwich sekam serat sagu menunjukkan kekuatan bending meningkat dengan kenaikan fraksi volume serat dan jika dibandingkan dengan data komposit sekam.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Hasil pembahasan perolehan penelitian dapat disimpulkan:

1. Komposit sandwich mempunyai gradien penurunan konduktivitas akibat kenaikan fraksi volume dan gradien penurunan konduktivitas akibat kenaikan temperatur lebih besar dibandingkan dengan yang tidak sandwich.
2. Tegangan bending pada komposit sandwich lebih rendah dibandingkan yang tidak sandwich, kejadian ini diakibatkan oleh mulai

lepasnya pada lapisan inti dengan kulit (pelapis) lem polyester pada saat pengujian sebelum material patah dan patah dimulai dari kulit.

### Saran

Sesuai hasil penelitian peneliti menyarankan:

1. Untuk memperkuat komposit sandwich maka diperlukan tebal dan kekuatan lem perlu perbaikan.
2. Untuk memperbaiki konduktivitas maka perlu pemodelan sandwich yang berlapis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Gibson.R.F., 1994, *Principle of Composite Material Mechanics*. Departement of Mechanical Engineering Wayne State University Detroit, Michigan, McGraw-Hill, Inc.
- Mills,A.F., 1999, *Basic Heat Mass Transfer, Second Edition*, Universitas of California at Angeles Los Angeles, California.
- Mazumdar. S.K., 2002, *Composites Manufacturing Materials Product and Process Engineering*, CRC Press LLC, 2000 N.W. Corporate Blvd., Boca Raton, Florida 33431.
- Ngafwan; Diharjo, K., 2004, *Pengaruh Kepadatan Core PVC pada Komposit Sandwich Serat Gelas Terhadap Peningkatan Kekuatan Bending dan Impak*, Penelitian Dosen Muda.

# PENGARUH VARIASI BAHAN PEREKAT TERHADAP LAJU PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN BATUBARA DAN SABUT KELAPA

**Amin Sulistyanto**

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan Surakarta  
E-mail: amin\_sulistyanto@ums.ac.id

## ABSTRAK

*Kekhawatiran akan semakin menipisnya dan mahal nya Bahan Bakar Minyak (BBM) semakin terasa dalam beberapa tahun terakhir sehingga timbul pemikiran untuk mengolah biomas yang kurang dimanfaatkan menjadi bahan bakar alternatif. Sabut kelapa belum dimanfaatkan sepenuhnya, padahal sabut kelapa merupakan biomas dengan kandungan energi yang relatif besar. Apabila sabut kelapa tersebut diolah bersama-sama dengan batu bara, bahan perekat dan zat pengikat polutan akan menjadi satu bahan bakar padat buatan sebagai bahan bakar alternatif.*

*Dalam penelitian ini, yang akan diteliti adalah karakteristik pembakaran biobriket campuran sabut kelapa dan batubara lignite (70% : 30%), dengan bahan perekat pati kanji dan tetes tebu yang komposisinya masing-masing 1 gram, 2 gram dan 3 gram. Biobriket yang diteliti mendapatkan perlakuan yang sama, yaitu tekanan pengepresan 100 kg/cm<sup>2</sup>, berat biobriket 4 g dan pada saat proses pembakaran kecepatan udara dibuat 0,3 m/s, temperatur dinding 100<sup>o</sup> C-120<sup>o</sup> C, temperatur preheater 52<sup>o</sup> C-56<sup>o</sup> C serta temperatur udara 34<sup>o</sup> C-38<sup>o</sup> C.*

*Dari penelitian didapatkan bahwa karakteristik pembakaran biobriket yang baerbahan perekat pati memiliki temperatur pembakaran yang lebih tinggi dan tetes tebu menghasilkan polusi yang lebih tinggi.*

**Kata kunci : Biobriket, Sabut kelapa, Bahan perekat, Karakteristik pembakaran**

## PENDAHULUAN

Kekhawatiran akan semakin menipisnya sumber daya energi terutama bahan bakar fosil dan juga mahal nya Bahan Bakar Minyak semakin terasa dalam beberapa tahun terakhir sehingga dari kenyataan ini banyak hal yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, salah satu diantaranya adalah dengan mencari sumber energi alternatif.

Disisi lain, sabut kelapa merupakan biomas yang belum dimanfaatkan secara

menyeluruh. Padahal sabut kelapa merupakan energi alternatif yang memiliki kandungan energi yang relative besar, apabila sabut kelapa diolah bersama-sama dengan batu bara dan zat pengikat polutan akan menjadi satu bahan bakar padat buatan sebagai bahan bakar alternatif yang bernama biobriket.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menganalisa karakteristik pembakaran pada Bio-Briket, yang mana dilakukan sebagai tolak ukur untuk pembuatan bahan bakar dari bahan

yang mudah didapat dan efisien dalam penggunaannya.

### Batasan Masalah

Untuk menghindari melebarnya masalah, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut:

Dalam penelitian ini masalah yang diteliti karakteristik pembakaran yang meliputi laju pembakaran, temperatur pembakaran dan polusi yang ditimbulkan dalam pembakaran biobriket sebagai akibat variasi bahan perekat.

### Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh bahan perekat terhadap laju pembakaran.
2. Mengetahui pengaruh bahan perekat terhadap temperatur pembakaran.
3. Mengetahui pengaruh bahan perekat terhadap polusi pembakaran.
4. Menentukan karakter pembakaran biobriket yang terbaik.

### TINJAUAN PUSTAKA

Naruse *et al* (1999) melakukan penelitian mengenai karakteristik pembakaran biomass yang berasal dari limbah jagung. Didapatkan bahwa karakteristik pembakaran biomasa tergantung dari komposisi biomasa semisal *lignin* dan *cellulose*, disamping itu juga didapatkan bahwa biomass dapat memperbaiki proses penyalaan dan pembakaran batubara, selain itu dalam pembakaran antar batubara dan biomasa akan ditangkap oleh abu dari batubara selama proses pembakaran.

Beberapa masalah yang berhubungan dengan pembakaran limbah pertanian adalah kadar air, *bulk density*, kadar abu dan kadar *volatile matter*. Kadar air yang tinggi dapat menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran. Kadar *volatile matter* yang tinggi pada limbah pertanian mengindikasikan bahwa limbah pertanian mudah menyala dan terbakar, walaupun pembakaran lebih cepat dan sulit dikontrol. hal ini ditemui dalam penelitian pembakaran limbah pertanian yang dilakukan oleh Werther (2000) dalam (Himawanto, 2003).

Sudrajat (2000) melakukan penelitian tentang pemanfaatan energi dari biomasa sebagai sumber energi alternatif, dimana dia mendapatkan data yang menunjukkan besarnya tingkat sampah yang dihasilkan di beberapa kota besar di Indonesia pada tahun 2000 yang mana sebagian besarnya adalah sampah organik yang mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi.

Penelitian mengenai pembakaran antara jerami dan batubara diteliti oleh Pedersen *et al*, (1996) dalam (Himawanto, 2003) yang dalam risetnya menghasilkan kesimpulan bahwa dengan pembakaran antara jerami dan batubara Kanada, emisi NO dan SO<sub>2</sub> dapat direduksi bila dibandingkan dengan pembakaran batubara saja, juga terjadi penurunan kadar asap dan abu.

Biobriket mempunyai temperatur penyalaan (*ignition temperatur*) yang lebih rendah dan *burnout time* yang lebih pendek dibandingkan dengan briket batubara. Ketika briket dipanasi, temperaturnya naik, setelah mencapai temperatur tertentu, *volatile matter* keluar dan terbakar disekitar briket. Temperatur nyala turun jika campuran biomasa lebih banyak *volatile matter* dan temperatur nyala biomasa lebih rendah dari batubara. Penambahan biomassa pada biobriket dapat meningkatkan kemampuan nyala briket (Naruse, 1998).

Hal-hal penting dalam pembakaran :

#### 1. Pembakaran bahan bakar padat

Dalam pembakaran bahan bakar padat tahap pertama yang terjadi adalah pengeringan, yaitu suatu proses ketika suatu partikel dipanaskan dan dikenai temperature tinggi dan menyebabkan *moisture* di permukaan bahan bakar tersebut akan menguap. Kemudian dilanjutkan dengan proses *devolatilisasi*. Pada tahap ini bahan bakar mengalami *dekomposisi termal*, yaitu pecahnya ikatan kimia secara termal dan keluarnya *volatile matter* dari partikel. Laju *devolatilisasi* dan hasil *devolatilisasi* tergantung pada temperatur dan jenis bahan bakar.

Beberapa masalah yang berhubungan pembakaran biobriket sabut kelapa dengan batubara antara lain :

- a. Kadar air  
Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran
- b. Kadar kalori  
Dari pengujian diketahui bahwa sabut kelapa mempunyai kalori yang jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan batubara.
- c. Kadar abu  
Sabut kelapa mempunyai kadar abu yang rendah, bila dibandingkan dengan batubara.
- d. Volatile *matter* atau zat-zat yang mudah menguap  
Kandungan *volatile matter* pada sabut kelapa lebih tinggi dibanding batubara. Hal ini menyebabkan sabut kelapa lebih mudah terbakar dan menyala.

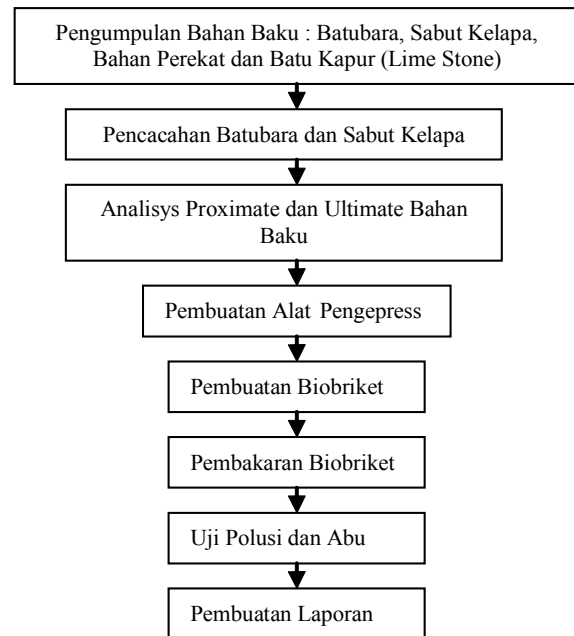
## 2. Bahan perekat

Perekat adalah bahan yang dapat merekatkan dua buah benda berdasarkan ikatan permukaan. Menurut Brown, *et al* (2000) dalam (Maarif, 2004) kekuatan perekatan dipengaruhi oleh faktor sifat perekatnya sendiri dan tingkat penyesuaian antara jenis bahan perekat dengan bahan yang direkat.

- a. Pati Kanji  
Menurut Prayitno (1995) dalam (Maarif 2004) penggunaan perekat pati memiliki beberapa keuntungan, antara lain : harga murah, mudah pemakaiannya, dapat menghasilkan kekuatan rekat kering yang tinggi. Namun perekat ini memiliki kelemahan, seperti : ketahanan terhadap air rendah, mudah diserang jamur, bakteri dan binatang pemakan pati. Penelitian yang telah dilakukan Hartoyo dkk, (1978) dalam (Maarif, 2004) menyebutkan bahwa prosedur pembuatan perekat pati dan air adalah dengan menggunakan perbandingan 1 bagian berat tepung pati dan 16 bagian berat air.
- b. Tetes tebu (molasses)  
Tetes tebu (molasses) adalah hasil samping yang diperoleh dari tahap pemisahan kristal gula. Hasil samping ini cukup berpotensi karena masih mengandung gula sekitar 50 % - 60 % selain sejumlah asam amino.

## METODE PENELITIAN

Untuk memudahkan jalannya penelitian, maka dibuat *flowchart* penelitian dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut:



**Gambar 1. Flowchart Penelitian**

## Bahan Baku

### 1. Pengumpulan bahan baku

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- Batubara kualitas rendah (lignite) yang masih asli dan belum mengalami proses pengolahan.
- Sabut kelapa, yang diperoleh dari area pertanian di Surakarta dan sekitarnya.
- Bahan perekat biobriket yaitu tepung kanji dan tetes tebu (molasses).
- Batu kapur (limestone) sebagai bahan pengikat polutan
- Gas LPG, sebagai bahan bakar untuk memanaskan tungku pada proses pembakaran biobriket.

### 2. Pengolahan Bahan Baku

- a. Penghalusan batubara menjadi serbuk
- b. Pencacahan sabut kelapa menjadi serbuk
- c. Pembuatan bahan perekat



## Ultimate Dan Proximate Analysis Bahan Baku

Setelah bahan baku yang berupa batu bara dan sabut kelapa dihaluskan kemudian dilakukan pengujian *ultimate* dan *proximate* di UGM.

### 1. Analisis *Proximate*

Analisis *proximate* meliputi; kadar air (M), kadar zat menguap (VM), kadar abu (A), *fixed carbon* (FC) dan nilai kalor (E). Untuk pengujian nilai kalor dilakukan di Pusat Studi Pangan dan Gizi PAU UGM, sedangkan untuk pengujian kadar air, kadar abu, *volatile matter* dan *fixed carbon* dilakukan di Laboratorium Energi Kayu Fakultas Kehutanan UGM.

### 2. Analisis *Ultimate*

Analisis ini memberikan informasi analitik yang lebih lengkap dari pada analisis *proximate*. Hasil analisis *ultimate* biasa

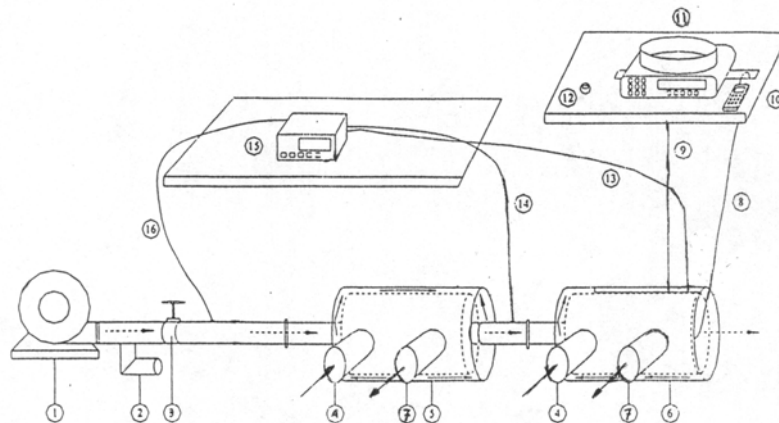
digunakan untuk membandingkan dan menghubungkan sifat-sifat dari batubara disamping itu hasil analisis ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan nilai panas batubara dengan menggunakan rumus Dulong. Analisis ini dijalankan dengan analisis kimia untuk menentukan kadar karbon (C), hydrogen (H<sub>2</sub>), oksigen (O<sub>2</sub>), nitrogen (N<sub>2</sub>), belerang, dan abu (A).

## Peralatan yang Digunakan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdapat di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta dapat dilihat gambar 2 :

### 1. Alat Pengepresan biobriket

Alat pengepres biobriket gambar 3 dibuat dengan cara memodifikasi dongkrak hidrolik yang bertekanan maksimal 2 ton



Gambar 2. Sketsa Alat Uji

Keterangan :

→ Aliran pemanas LPG

— Aliran udara

1. Blower

2. Saluran by pass

3. Katup pengatur aliran udara

4. Saluran masuk pemanas LPG

5. Tungku 1

6. Tungku 2

7. Saluran buang pemanas LPG

8. Termakopel temperatur dinding

9. Kawat penggantung sampel bahan bakar

10. *Digital thermocouple reader*

11. *Electronic professional scale*

12. *Stop watch*

13. Termokopel temperatur gas pembakaran

14. Termokopel temperatur udara pre-heater

15. *Digital thermocouple reader*

16. Termokopel temperatur udara supply

dengan diameter 22 mm dan dipasang manometer pada saluran pembuangan udara dongkrak yang berfungsi untuk mengukur tekanan pada saat pengepresan.



**Gambar 3. Alat pengepress Biobriket**



**Gambar 4. Alat Pencetak Batubara**

### **Pembuatan Briket**

#### **1. Pencampuran bahan baku**

Batu bara, sabut kelapa, bahan perekat dan *zat pengikat polutan* dicampur hingga rata dengan komposisi sebagai berikut :

- a. Sabut kelapa dan batu bara (70% : 30%) + pati kanji 1 gram
- b. Sabut kelapa dan batu bara (70% : 30%) + pati kanji 2 gram
- c. Sabut kelapa dan batu bara (70% : 30%) + pati kanji 3 gram
- d. Sabut kelapa dan batu bara (70% : 30%) + tetes tebu 1 gram
- e. Sabut kelapa dan batu bara (70% : 30%) + tetes tebu 2 gram
- f. Sabut kelapa dan batu bara (70% : 30%) + tetes tebu 3 gram

#### **2. Pencetakan biobriket**

Bahan baku yang telah tercampur rata dimasukkan ke dalam cetakan gambar 4 , yang berbentuk silinder dengan diameter 1,5 cm dan tinggi 1,75 cm.

#### **3. Pengepresan**

Setelah bahan baku dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dilakukan pengepresan dengan tekanan 100 kg/cm<sup>2</sup> dan didiamkan selama 10 menit. Setelah itu biobriket dikeluarkan dari cetakan dan dikeringkan di tempat yang tidak terkena sinar matahari secara langsung selama 3 hari. Hasil dari spsimen biobriket dapat dilihat pada gambar 5 di bawah :



**Gambar 5 Spesimen Biobriket**

## HASIL PENELITIAN

### Sifat-sifat Bahan Dasar

Dari hasil uji *proximate* dan *ultimate* dapat diketahui sifat-sifat bahan dasar seperti yang terlihat pada table 1 sebagai berikut :

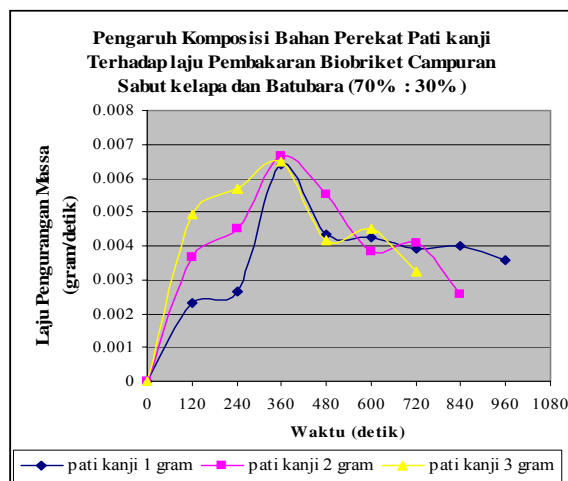
**Tabel 1. Sifat-sifat Bahan Dasar**

| Sifat                | Batubara Lignite | Sabut Kelapa |
|----------------------|------------------|--------------|
| Kadar air (%)        | 14,31            | 2,45         |
| Kadar abu (%)        | 2,02             | 1,34         |
| Fixed Carbon (%)     | 69,53            | 21,62        |
| Nilai kalor (kal/kg) | 5289,395         | 3942,751     |
| Volatile metter (%)  | 14,14            | 74,59        |

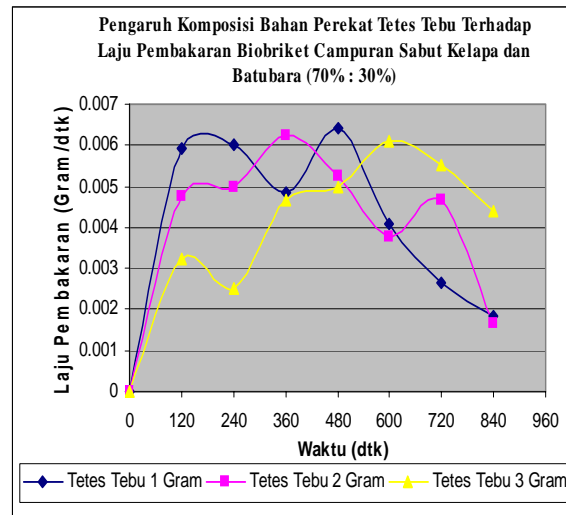
Dari tabel 1 diatas dapat kita lihat bahwa nilai kalor yang dimiliki sabut kelapa masih cukup besar sehingga layak untuk pembuatan briket

### Pengaruh Bahan Perikat terhadap Laju Pembakaran

Variasi bahan perekat mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap laju pembakaran. Dalam gambar 6 sampai 9 di bawah, akan disajikan pengaruh variasi bahan perekat terhadap laju pembakaran :



**Gambar 6. Grafik pengaruh komposisi perekat pati kanji (1 gram, 2 gram dan 3 gram) terhadap laju pengurangan massa biobriket campuran sabut kelapa dan batubara 70% : 30%**



**Gambar 7. Grafik pengaruh komposisi perekat tetes tebu (1 gram, 2 gram dan 3 gram) terhadap laju pengurangan massa biobriket campuran sabut kelapa dan batubara 70% : 30%**

Dari gambar 6 dan 7 hasil penelitian diatas, dapat dilihat bahwa Laju pembakaran biobriket dengan perekat pati pada awalnya naik sampai mencapai optimum, sedangkan pada biobriket yang bahan perekatnya tetes tebu pada awalnya juga naik tapi pada saat titik tertentu sebelum mencapai optimum, laju pembakaran akan turun. Hal ini disebabkan karena *volatile matter* yang dimiliki pati kanji masih cukup tinggi jika dibandingkan dengan tetes tebu.

Pada biobriket dengan perekat pati kanji, semakin banyak campuran pati kanji maka kemungkinan terbakarinya semakin cepat karena nilai *volatile matter* yang semakin tinggi tetapi yang lebih menarik disini laju pembakaran dicapai pada waktu yang sama.

Dari gambar 8 dan 9 diatas dapat dilihat bahwa temperatur yang dihasilkan pada pembakaran biobriket yang berbahan perekat pati kanji lebih tinggi dibandingkan dengan biobriket yang berbahan perekat tetes tebu, ini menunjukkan bahwa perekat pati mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan dengan tetes tebu.

**Tabel 2. Hasil Polutan Biobriket**

| Komposisi Bahan perekat | Jenis Polutan |        |                     |
|-------------------------|---------------|--------|---------------------|
|                         | HC (ppm)      | CO (%) | NO <sub>x</sub> (%) |
| Pati kanji 1 gram       | 10            | 0.0046 | 0.00035             |
| Pati kanji 2 gram       | 10            | 0.0044 | 0.00034             |
| Pati kanji 3 gram       | 10            | 0.0045 | 0.00032             |
| Tetes tebu 1 gram       | 10            | 0.0034 | 0.00030             |
| Tetes tebu 2 gram       | 70            | 0.0038 | 0.00034             |
| Tetes tebu 3 gram       | 120           | 0.0043 | 0.00036             |

**Gambar 8. Grafik pengaruh komposisi perekat pati kanji (1 gram, 2 gram dan 3 gram) terhadap temperature pembakaran biobriket campuran sabut kelapa dan batubara 70% : 30%**

yang dihasilkan terutama HC, hal ini disebabkan karena kadar karbon pada tetes tebu cukup tinggi.

**KESIMPULAN**

1. Pati kanji mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap laju pembakaran, karena kandungan *volatile matter* yang lebih tinggi dibandingkan tetes tebu.
2. Biobriket yang berbahan perekat pati kanji mempunyai temperatur pembakaran lebih tinggi jika dibandingkan dengan biobriket yang berbahan perekat tetes tebu.
3. Penambahan tetes tebu sangat berpengaruh pada polusi, yaitu semakin banyak penambahan perekat tetes tebu pada biobriket maka semakin tinggi polusi HC yang dihasilkan biobriket tersebut.
4. Karakteristik pembakaran biobriket yang terbaik ditemukan pada pembakaran biobriket dengan komposisi sabut kelapa dan batubara 70% : 30% dan bahan perekat pati kanji 2 gram, hal ini disebabkan karena temperature yang dihasilkan tinggi, laju pembakaran tinggi dan polusi yang dihasilkan rendah.

**Gambar 9. Grafik pengaruh komposisi perekat tetes tebu (1 gram, 2 gram dan 3 gram) terhadap laju pengurangan massa biobriket campuran sabut kelapa dan batubara 70% : 30%**

**Polutan pada Pembakaran Biobriket**

Hasil uji polutan pada pembakaran biobriket campuran sabut kelapa dan batubara (70% : 30%) dengan variasi bahan perekat dapat dilihat pada tabel 2.

Dari tabel 2 terlihat bahwa dengan penambahan perekat pati kanji tidak begitu berpengaruh terhadap polusi yang dihasilkan pada pembakaran biobriket. Sedangkan pada penambahan bahan perekat tetes tebu mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap polusi

## DAFTAR PUSTAKA

- Himawanto, D. A., 2003, *Pengolahan limbah pertanian menjadi biobriket sebagai salah satu bahan bakar alternatif*, Laporan Penelitian, UNS. Surakarta.
- Naruse, I., Gani, A., Morishita, K., 2001, *Fundamental Characteristic on Co-Combustion of Low Rank Coal with Biomass*, *Proceedings of Riset*, Pittsburg.
- Sudradjat, 2000, *The Potensial of Biomass Energy Resources in Indonesia for the Possible Development of Clean Technology Process (CPT)*, Laporan Penelitian, Jakarta.
- Maarif, S., 2004, *Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Penggunaan Perekat terhadap Sifat-Sifat Fisika dan Kimia Briket Arang dari Arang serbuk Kayu Sengon*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.