

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN DAN KARAKTERISTIK MEKANIS KOKAS IMPOR SEBAGAI BAHAN BAKAR DAPUR KUPOLA

Sartono Putro

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl.A. Yani Kotak Pos 1 Pabelan Kartasura
sartono_putro@ums.ac.id

ABSTRAK

Kokas merupakan bahan bakar utama dalam industri pengecoran logam. Kokas yang digunakan kebanyakan diimpor dari Cina sehingga sangat rentan terhadap fluktuasi harga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mekanis dan karakteristik pembakaran kokas impor, sebagai pembandingan juga dilakukan penelitian kokas lokal (green coke). Penelitian diawali dengan membentuk bongkahan-bongkahan kokas impor dan green coke menjadi silinder berdiameter 4 cm panjang 8 cm untuk pengujian sifat mekanik, dan silinder dengan diameter 2,3 cm massa 5 gram untuk pengujian pembakaran. Selanjutnya dilakukan pengujian kandungan bahan dasar, kekuatan mekanik meliputi uji tekan dan uji kejut dan karakteristik pembakaran meliputi laju pembakaran, pengurangan masa, dan temperatur pembakaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan kokas impor 3,9 kali kuat tekan green coke yaitu $168,939 \text{ kg/cm}^2$ dibanding $43,182 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan kuat kejut kokas impor 3,6 kali green coke. Adapun pada uji laju pembakaran tertinggi terjadi pada temperatur puncak pembakaran kedua kokas. Laju pembakaran terbesar dimiliki oleh green coke sebesar $0,107 \text{ g/mnt}$ yang dicapai pada menit ke 12, sedangkan kokas impor memerlukan waktu 129 menit untuk mencapai laju pembakaran tertinggi sebesar $0,057 \text{ g/mnt}$. Temperatur pembakaran tertinggi yang dicapai kedua kokas hampir sama yaitu $622 \text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk green coke dan $633 \text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk kokas impor. Untuk masa awal yang sama 5 gram, green coke membutuhkan waktu pembakaran 90 menit sedangkan waktu pembakaran yang diperlukan kokas impor sebanyak 207 menit.

Kata kunci : Kokas impor, Green coke, Temperatur pembakaran, Laju pembakaran

PENDAHULUAN

Salah satu industri yang memanfaatkan bahan bakar batu bara adalah industri pengecoran logam. Contoh penggunaan batubara yang dekat dengan kita adalah di Industri Pengecoran Logam di Kecamatan Ceper Kabupaten Klaten yang digunakan sebagai bahan bakar utama dalam tungku peleburan logam.

Sektor industri logam merupakan salah satu sektor yang cukup besar menyumbangkan pendapatan asli daerah Provinsi Jawa Tengah, yaitu sekitar 7 % dari total PDRB sektor industri manufaktur Jawa Tengah. Hal ini membuat keterkaitan yang cukup tinggi dengan sektor yang lain. Produk dari sentra industri logam sangat beragam mulai dari alat pertanian sampai

dengan komponen otomotif dan industri berat. Sentra industri logam Jawa Tengah berada di Kabupaten Tegal dan di Kabupaten Klaten tepatnya di Kecamatan Ceper.

Bahan bakar kupola yang digunakan oleh para pengusaha di Ceper adalah kokas impor yang didatangkan dari negeri Cina. Permasalahan timbul akibat kebijakan Pemerintah Cina yang membatasi ekspor kokasnya sehingga harga kokas impor semakin mahal dan menyebabkan biaya produksi menjadi tinggi.

Untuk mengatasi masalah bahan bakar ini beberapa pengusaha pengecoran logam di Ceper telah berusaha membuat briket kokas lokal, namun kualitas briket kokas batubara yang dibuat sangat rendah dibanding briket kokas impor sehingga mempengaruhi pada proses hasil pembakaran.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran dan karakteristik mekanik kokas impor sebagai referensi untuk mendapatkan briket alternatif dari bahan lokal. Sebagai pembandingan pada penelitian ini juga dilakukan pengujian terhadap kokas lokal (*green coke*).

TINJAUAN PUSTAKA

Ragland dan Yang (1995), meneliti pembakaran partikel 4 jenis batubara berdiameter 4-12 mm pada tekanan atmosfer dalam suatu *convective thermogravimetry analyzer*, temperatur tungku 900 K s.d. 1200 K dan kecepatan gas 2 m/s s.d. 8 m/s. Ketika temperatur dinaikkan dari 900 K menjadi 1200 K *burnout time* berkurang setengahnya. Sedangkan pada temperatur 1100 K, ketika kecepatan gas dinaikkan dari 1,7 m/s menjadi 3,4 m/s waktu pembakaran (*burning time*) menurun.

Pengaruh tipe batubara, massa partikel, temperatur, laju aliran udara, jumlah partikel dan lapisan abu terhadap laju

pembakaran telah diteliti oleh Blackham *et al.* (1994), untuk partikel batubara berukuran 5-10 mm. Pada oksidasi partikel arang besar, diameter efektif massa arang berkurang secara linear dengan bertambahnya waktu, kecuali pada akhir dari *burnout*, massa awal partikel merupakan faktor utama yang mempengaruhi waktu pembakaran. Waktu pembakaran total sebanding dengan kuadrat dari diameter efektif awal partikel. Pada kondisi pembakaran 1270 K s.d. 1470 K, pengaruh temperatur tidak signifikan terhadap waktu pembakaran partikel dibandingkan dengan pengaruh massa awal partikel. Pembakaran 0,2 gram partikel pada temperatur 670 K s.d. 1280 K menunjukkan waktu pembakaran menurun dengan naiknya temperatur dan waktu pembakaran menurun dari 20 menit menjadi 8 menit, dengan naiknya Bilangan Reynold dari 2 menjadi 77 pada temperatur oksidasi 1070 K.

Beteman *et al.* (1995), meneliti pengurangan massa dan waktu pembakaran dari partikel batubara seberat 0,1 gram dan 0,2 gram dengan diameter 5,5 mm dan 8 mm pada tekanan 101 kPa. s.d. 760 kPa dalam sebuah reaktor tekanan tinggi (*high pressure controlled profile, HPCP reactor*). Temperatur udara reaktor pada saat penelitian 900 K dan 1200 K, Bilangan Reynold aliran udara 63 dan 123. Pembakaran 0,2 gram partikel memerlukan waktu oksidasi total rata-rata 275 detik, sedangkan untuk pembakaran 0,1 gram memerlukan waktu rata-rata 184 detik. Ini menunjukkan hubungan yang linier antara waktu pembakaran dengan diameter awal partikel. Penelitian pengaruh temperatur gas pada 900 K s.d. 1200 K terhadap waktu oksidasi, menunjukkan bahwa waktu oksidasi rata-rata untuk partikel kecil berkurang dari 199 detik menjadi 124 detik, sedangkan untuk partikel besar berkurang dari 308 detik menjadi 182 detik untuk semua kondisi percobaan. Laju aliran pada

bilangan Reynold 63 dan 126 tidak banyak berpengaruh terhadap waktu pembakaran. Pada percobaan ini, laju aliran udara mengurangi waktu pembakaran pada bilangan Reynold ≤ 20 , tetapi tidak banyak berpengaruh pada bilangan Reynold yang lebih besar.

Saptoadi (2004), melakukan penelitian mengenai karakteristik pembakaran briket dari serbuk gergajian dan lignit. Dalam penelitiannya dinyatakan bahwa bahan bakar briket dapat dibuat dalam berbagai bentuk. Bentuk yang paling sederhana adalah silinder dan prisma persegi, karena keduanya mudah untuk dibuat. Dinyatakan juga bahwa bahan bakar briket dengan kandungan biomassa lebih akan memiliki periode pembakaran yang lebih singkat, disebabkan kandungan *volatile matter* yang tinggi akan dengan mudah dan cepat keluar selama tahap awal proses pembakaran. Bahan bakar briket dengan kandungan batubara lebih banyak dapat mencapai laju pembakaran yang lebih rendah tetapi menghasilkan temperatur gas pembakaran lebih tinggi, disebabkan karena tingginya nilai kalor. Selain itu, dinyatakan juga bahwa bentuk silinder dan prisma persegi hampir menunjukkan waktu pembakaran yang sama.

Kuncoro dkk. (1999), meneliti pembakaran briket tanpa karbonasi akan menyebabkan penyalan briket menjadi mudah dibandingkan dengan briket yang telah dikarbonasi. Hal ini dikarenakan briket

tanpa karbonasi masih mengandung kadar *volattile matter* yang cukup banyak. Disamping itu mekanisme perubahan panas briket juga akan berubah. Sementara itu Zapusek *et al.* (2003), melakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur dan lama pembakaran terhadap sifat-sifat dasar batubara setelah dikarbonasi. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa untuk variasi temperatur karbonasi semakin tinggi akan meningkatkan kandungan karbon, nilai kalori, abu dan sulfur sedangkan kandungan air, zat *volatile matter* dan hidrogen akan menurun. Untuk variasi waktu karbonasi yang dilakukan pada temperatur karbonasi yang sama dihasilkan bahwa semakin lama waktu karbonasi maka kandungan kalori, karbon, sulfur dan abu akan meningkat, sedangkan untuk kandungan air, zat *volatile matter* dan hidrogen serta nitrogen menurun.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Penelitian

1. Kokas impor dari Cina.
2. Kokas lokal (*Green coke*).

Bongkahan-bongkahan kokas impor dan *green coke* dibentuk silinder dengan diameter 4 cm, panjang 8 cm untuk pengujian sifat mekanik, sedangkan untuk pengujian pembakaran dibentuk dengan diameter 2,3 cm dan massa 5 gram. Bahan penelitian selengkapnya dapat dilihat pada gambar 1-4.



Gambar 1. kokas impor untuk uji mekanis



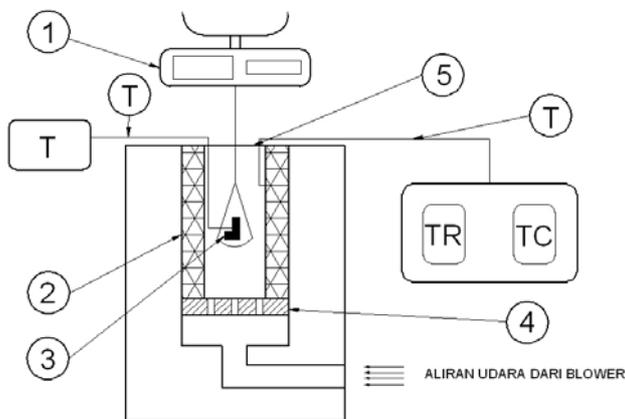
Gambar 2. Kokas impor untuk uji pembakaran



Gambar 3. green coke untuk uji mekanis



Gambar 4. Green coke untuk uji pembakaran



- 1. Timbangan Digital
- 2. Elemen Pemanas Elektrik
- 3. Briket
- 4. Saluran Udara
- 5. Ruang Bakar
- T. Thermocouple
- TR. Thermocouple Reader
- TC. Thermo Controler

Gambar 5. Skema instalasi pengujian

Alat Penelitian

Peralatan penelitian meliputi:

1. Timbangan Digital.
2. Gerenda Potong.
3. Amplas.
4. Tungku elektrik.
5. Termokopel reader.
6. Stop watch.

Jalan Penelitian

1. Analisis *proximate* dan analisis *ultimate* dilakukan di Laboratorium Energi Kayu Fakultas Kehutanan dan Pusat Studi Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada. Analisis *proximate*, untuk mengetahui kadar air, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan kadar kalori. Analisis *ultimate* untuk membandingkan dan

menghubungkan sifat-sifat dari kokas disamping untuk memperkirakan nilai kalor dan menentukan kadar karbon, *hidrogen* (H_2), dan abu.

2. Pengujian sifat mekanis untuk mengetahui kuat tekan dan kuat kejut dari kokas impor dan green coke. Pengujian ini menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) di Laboratorium Tanah Teknik Sipil Fakultas Teknik UNS.
3. Pengujian karakteristik pembakaran dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin UMS dengan prosedur sebagai berikut :
 - a. Hidupkan tungku dan *setting* temperatur yang dikehendaki.

- b. Masukkan benda uji ke dalam cawan pada ruang bakar, catat massa benda uji.
- c. Pasang termokopel di atas benda uji, catat temperatur awal.
- d. Catat perubahan massa dan temperatur benda uji setiap satu menit.

dan *ultimate* ditampilkan pada Tabel 1. sebagai berikut. Adapun hasil pengujian kuat tekan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 40 mm dan panjang 80 mm diberikan pada Tabel 2.

Sementara itu pengujian kuat kejut dilakukan dengan cara menumbukkan beban seberat 2 kg ke masing-masing benda uji. Pengujian dihentikan setelah benda uji hancur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat dasar kokas impor dan *green coke* yang diperoleh dari analisis *proximate*

Tabel 1. Sifat dasar kokas impor dan *green coke*

| Kandungan | Jenis Kokas | |
|------------------------|----------------|-------------------|
| | Kokas Impor | <i>Green Coke</i> |
| Kadar air | 0,671 % | 4,420 % |
| <i>Volatile matter</i> | 9,332 % | 4,585 % |
| Kadar Abu | 31,122 % | 1,883 % |
| <i>Fixed carbon</i> | 58,875 % | 89,122 % |
| Nilai kalor | 6970,707 kal/g | 7803,852 kal/g |

Tabel 2. Hasil pengujian kuat tekan kokas impor dan *green coke*.

| Jenis Kokas | Massa Kokas (g) | Kuat Tekan (kg/cm ²) |
|-------------------|-----------------|----------------------------------|
| Kokas impor | 196 | 168.939 |
| <i>Green coke</i> | 149 | 43.182 |

Tabel 3. Hasil pengujian kuat kejut kokas impor dan *green coke*.

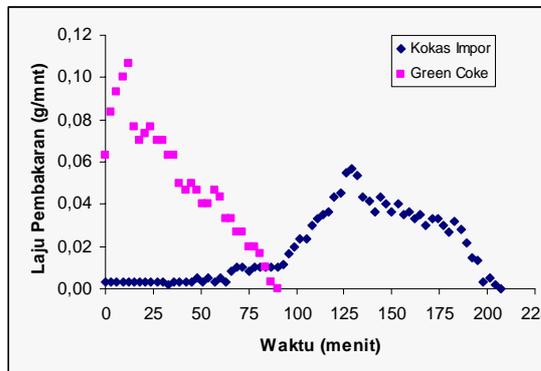
| Jenis Kokas | Beban (g) | Banyak tumbukan |
|-------------------|-----------|-----------------|
| Kokas impor | 2000 | 2.667 kali |
| <i>Green coke</i> | 2000 | 9.667 kali |

Hasil pengujian sifat mekanis yang dilakukan menunjukkan bahwa kokas impor lebih unggul dibanding *green coke*. Kuat tekan *green coke* hanya 25,56 % dibanding kuat tekan kokas impor, sedangkan kuat kejut *green coke* hanya 27,59 % dibanding kuat tekan kokas impor. Perbedaan sifat mekanis ini dimungkinkan adanya perbedaan kondisi fisik kokas. Berdasarkan pengamatan foto mikro terlihat bahwa *green coke* memiliki pori-pori yang lebih besar dibanding kokas impor.

Adapun sifat-sifat dasar kokas yang berpengaruh terhadap kualitas pembakaran, diketahui bahwa *green coke* memiliki beberapa keunggulan dibanding kokas impor. Sifat-sifat dasar *green cooke* untuk *fixed carbon*, kadar abu, dan nilai kalor lebih baik dibanding kokas impor. Keunggulan sifat-sifat dasar kokas impor yang dimiliki adalah kandungan air yang rendah dan tingginya kandungan *volatile matter* yang membuat kokas impor lebih mudah dibakar.

Karakteristik laju pembakaran terhadap waktu antara kokas impor dan *green coke*

dapat dilihat pada gambar berikut.

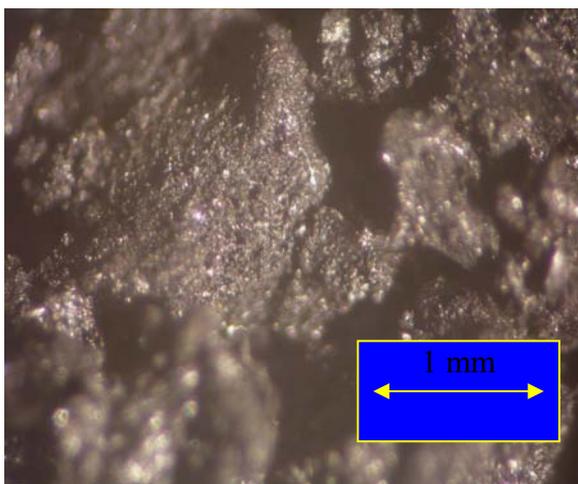


Gambar 6. Grafik Laju pembakaran kokas impor dan *green coke*.

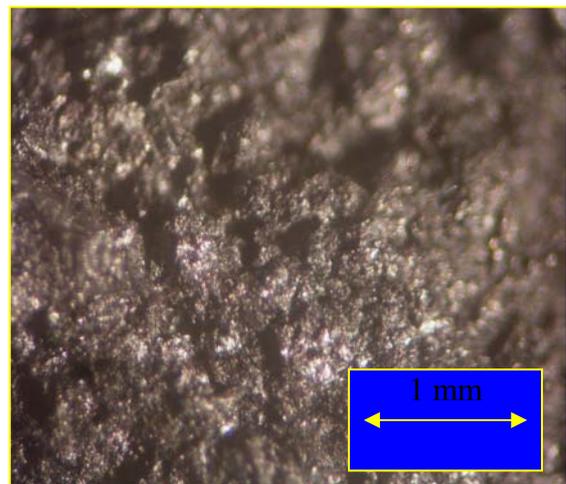
Gambar 6. memperlihatkan bahwa laju pembakaran *green coke* naik dari menit ke 0 sampai menit ke 12 dengan laju pembakaran terbesar 0,107 g/mnt terjadi pada menit ke 12. Hal ini berbeda jika dibandingkan dengan kokas impor yang memerlukan waktu 129 menit untuk mencapai laju pembakaran tertinggi sebesar 0,057 g/mnt. Pada tahap ini proses pembakaran berlangsung dengan membaranya kokas hingga berwarna merah, hal ini diperkirakan proses terbakarnya *volatile matter*. *Green coke* lebih cepat terbakar dibandingkan kokas impor, untuk massa

awal yang sama 5 gram *green coke* membutuhkan waktu pembakaran 90 menit sedangkan waktu pembakaran yang diperlukan kokas impor sebanyak 207 menit.

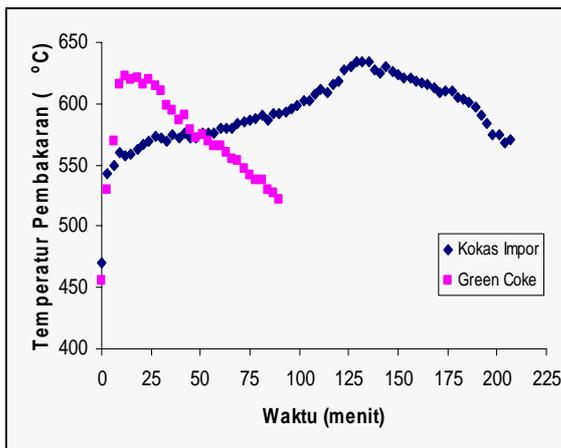
Perbedaan karakteristik laju pembakaran antara kokas impor dengan *green coke* yang sangat signifikan tidak sesuai dengan sifat-sifat dasarnya pada Tabel 1. Hal lain yang dapat dikemukakan untuk menjelaskan perbedaan karakteristik laju pembakaran adalah perbedaan pori-pori antara kokas impor dengan *green coke*.



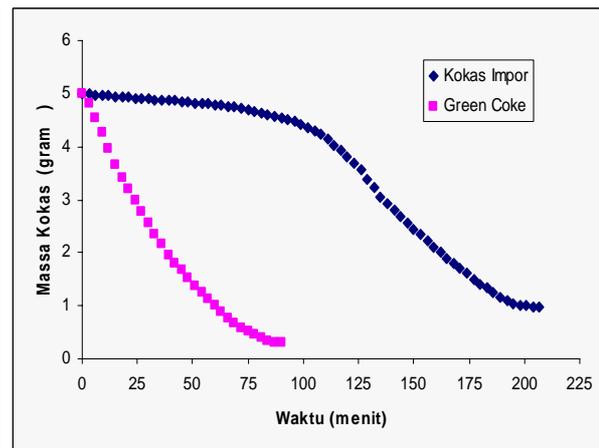
Gambar 7. Foto mikro *green coke* skala 4x



Gambar 8. Foto mikro kokas impor skala 4x



Gambar 10. Grafik penurunan massa kokas impor dan green coke



Gambar 9. Grafik temperatur pembakaran kokas impor dan green coke.

Gambar 7 dan 8 memperlihatkan bahwa pori-pori *green coke* berukuran besar dan relatif menggumpal, sedangkan pori-pori pada kokas impor terlihat berukuran kecil-kecil dan menyebar. Kondisi ini mempengaruhi kekuatan mekanik dan karakteristik pembakarannya. Struktur pori-pori yang besar menyebabkan lemahnya kemampuan mekanik dan mempermudah masuknya OB_{2B} dalam pori-pori kokas selama pembakaran. Sedangkan struktur pori-pori yang kecil dan tersebar akan menyebabkan ketahanan mekanik yang baik dan distribusi OB_{2B} yang lebih banyak di permukaan.

Karakteristik temperatur pembakaran hasil ditunjukkan pada Gambar 9. Pada awal pembakaran, temperatur pembakaran *green coke* naik hingga mencapai temperatur tertinggi sebesar $622 P^{oP}C$ pada menit ke 12. Temperatur pembakaran cenderung konstan dengan kisaran di atas $600 P^{oP}C$ sampai menit ke 30, selanjutnya turun secara perlahan mencapai temperatur $522 P^{oP}C$ pada akhir pembakaran *green coke* yaitu pada menit ke 90. Pada akhir pembakaran ini *green cooke* meninggalkan massa sisa sebesar 0,30 gram.

Kondisi ini memperlihatkan bahwa besarnya temperatur pembakaran mempengaruhi laju pembakaran. Temperatur pembakaran tertinggi *green coke* adalah $622 P^{oP}C$ yang dicapai pada menit ke 12, pada saat yang bersamaan laju pembakaran juga memiliki nilai terbesar yaitu $0,107 g/mnt$.

Pada grafik hubungan antara temperatur pembakaran terhadap waktu pembakaran memperlihatkan bahwa awal pembakaran kokas impor memerlukan temperatur yang tinggi dan waktu yang lama untuk terbakar. Kokas impor mencapai temperatur tertinggi yaitu $633 P^{oP}C$ pada menit ke 130. Seperti halnya *green coke* laju pembakaran tertinggi kokas impor juga terjadi pada temperatur puncaknya yaitu $0,057 g/mnt$ pada menit ke 129. Lamanya kokas impor terbakar tidak terlepas dari partikel pembentuknya yang berongga dan berpori-pori kecil. Semakin kecil pori-pori akan menyebabkan distribusi OB_{2B} lebih banyak terdapat permukaan kokas tidak mudah masuk ke dalam pori-pori. Hal ini membuat proses pembakaran kokas impor hanya terjadi di permukaan luar. Temperatur pembakaran cenderung konstan dengan kisaran di atas 600 sampai menit ke 177 dan perlahan-

lahan menurun mencapai temperatur terendah yaitu 568 P^oC pada menit ke 204.

Penurunan massa kedua kokas dapat dilihat pada gambar 10.

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisis data yang diperoleh selama penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kokas impor mempunyai kuat tekan 3,9 kali kuat tekan *green coke* yaitu 168,939 kg/cm² dibanding 43,182 kg/cm², sedangkan kuat kejut kokas impor 3,6 kali *green coke*.
2. Laju pembakaran tertinggi terjadi pada temperatur puncak pembakaran kedua

kokas. Laju pembakaran terbesar dimiliki oleh *green coke* sebesar 0,107 g/mnt yang dicapai pada menit ke 12, sedangkan kokas impor memerlukan waktu 129 menit untuk mencapai laju pembakaran tertinggi sebesar 0,057 g/mnt. Temperatur pembakaran tertinggi yang dicapai kedua kokas hampir sama yaitu 622 °C untuk *green coke* dan 633 °C untuk kokas impor. Untuk masa awal yang sama 5 gram, *green coke* membutuhkan waktu pembakaran 90 menit sedangkan waktu pembakaran yang diperlukan kokas impor sebanyak 207 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Beteman, K. J., Germane. G. J., Smoot. L. D., Blackham, A. U. and Eatough. C. N., 1994, *Effect or Pressure on Oxidation Rate Of Millimetre-Sized Char Particles*, Brigham Young University, Provo, UT 84602, USA.
- Blackham, A. U., Smoot, L. D. and Yousefi. P., 1992, *Rates of Oxidation of millimeter-Sized Char Particles: Simple Experiment*, Brigham Young University, Provo, UT 84602, USA.
- Kuncoro, H., Herbawamurti, T.E, Hawaria, Darmawan, 1999, *Study On Coal Briquettes Stove In Indonesia*, Energy Technology Laboratory, LSDE-BPPT, Jakarta.
- Ragland, K.W, Yang, J.T, 1995, *Combustion of millimeter sized coal particles in convective flow*, *Combustion and Flame*.
- Saptoadi, H., 2004, Combustion Characteriastics Of Fuel Briquettes Made From Wooden Saw Dust And Lignite. *The International Workshop On Biomass And Clean Fossil Fuel Power Plan Technology 2004*. Jakarta Indonesia. pp186-199.
- Zapusek, A., Wirtgen, C., Lenart, F., 2003, *Characterisation Of Carbonizate Produced From Velenje Lignite In Lab-Scale Reactor*, ERICo Velenje, Institute for Ecological reseach, Koroska 58, 3320 Velenje, Slovenia.

PENGARUH WAKTU PENAHANAN TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS PADA PROSES PENGKARBONAN PADAT BAJA MILD STEEL

Pramuko I. Purboputro

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl.A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari waktu penahanan terhadap perubahan sifat fisis dan mekanis pada proses pengarbonan baja mild steel. Temperatur yang digunakan selama proses pengarbonan berlangsung adalah 925°C dengan vareasi waktu tahan masing-masing 3 jam; 4 jam; 7 jam; 8 jam. Dalam proses pengarbonan sumber karbon didapat dari arang cangkang kelapa yang telah dibuat serbuk halus dan dicampur dengan Na₂ CO₃ (soda abu) sebagai katalisnya. Kandungan karbon material dasarnya adalah 0,19%C. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian kedalaman difusi dan pengujian komposisi kimia .Pengujian kekerasan yang telah dilakukan terhadap material pengarbonan menghasilkan distribusi kekerasan dari permukaan menuju inti, untuk masing-masing waktu penahanan yang berbeda. Untuk waktu penahanan 3 jam mulai HVN 735,7 Kg/mm² sampai 440,9 Kg/mm² menuju inti ; 4 jam mulai HVN 762,9 Kg/mm² sampai 462,8 Kg/mm² menuju inti ; 7 jam mulai HVN 781,9 Kg/mm² sampai 478,4 Kg/mm² menuju inti ; 8 jam mulai HVN 801,5 Kg/mm² sampai 479,3 Kg/mm² menuju inti. Untuk pengujian kedalaman difusi didapat suatu persamaan $Y= 0,0046X^2 + 0,0226 X + 0,0013$ dimana persamaan tersebut menunjukkan kenaikan difusi karbon kedalam material pengujian. Sedangkan dalam pengujian komposisi kimia didapatkan kenaikan kandungan unsur karbon untuk masing-masing waktu penahanan. Untuk waktu penahanan 3 jam kandungan unsur karbon 0,259 % ; 4 jam kandungan unsur karbon 0,352 %; 7 jam kandungan unsur karbon 0,505 % ; 8 jam kandungan unsur karbon 0,808 %.

Kata kunci : Pengarbonan Padat, Difusi, Katalis, Waktu tahan

PENDAHULUAN

Pemakaian logam *ferrous* baik baja maupun besi cor dengan karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada, khususnya baja. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan lebih

disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi dan mudah *dimachining*, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga dilakukan proses *Carburising*. Proses *Carburising* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kan-

dungan unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *Carburising* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetap liat (*ductile*). Selain dari pada itu ada hal yang perlu diperhatikan sebelum memulai proses pengarbonan (*Carburising*), yaitu komposisi kimia khususnya perubahan unsur karbon (C) akan dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat mekanik baja tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Baja Karbon

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), serta unsur-unsur lain, seperti : Mn, Si, Ni, Cr, V dan lain sebagainya yang tersusun dalam prosentase yang sangat kecil. Dan unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut.

Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon % C < 0,3 %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrup, ulir dan baut.

Pengerasan Permukaan Baja (*Steel Surface Hardening*)

Pengerasan permukaan dilakukan dengan 2 cara yaitu seluruh permukaan dikeraskan atau sebagian saja dari permukaan yang dikeraskan. Tujuan pengerasan permukaan secara umum adalah memperbaiki ketahanan aus dan ketahanan korosi. Pengerasan permukaan pada baja meliputi dua jenis yaitu *Induction Hardening* dan *Thermo Chemical Treatment*.

Prinsip kerja *Induction Hardening* adalah memanaskan permukaan baja hingga temperatur *austenit* yang sesuai dengan baja yang bersangkutan, kemudian disemprotkan pendingin sehingga permukaan menjadi keras.

Prinsip kerja dari *Thermo Chemical Treatment* adalah menambahkan unsur karbon ke dalam baja untuk mengeraskan

bagian permukaan baja tersebut. Salah satu penerapan dari proses *Thermo Chemical Treatment* adalah *carburising* (pengarbonan).

Thermo Chemical Treatment dilakukan terhadap baja yang mempunyai kadar karbon di bawah 0,3%. Kadar karbon ini tidak memungkinkan terjadinya fasa *martensit* yang keras.

Carburising

Pengarbonan(*carburising*) merupakan suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Kondisi ini sangat diperlukan untuk komponen-komponen yang mensyaratkan tahan aus.

Pada pengarbonan padat, dipakai arang yang dicampur dengan 10% - 20% Na_2CO_3 / BaCO_3 , baja dimasukan kedalam campuran ini, ditempelkan pada suatu wadah dan ditutup rapat kemudian dipanaskan. Dengan demikian permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi.

Kandungan karbon akan bervariasi dalam arah menuju inti. Pada permukaan kandungan karbon tinggi, dan akan berkurang dalam arah menuju inti. Konsekuensinya struktur mikro akan berubah pula dari permukaan menuju inti.

Quenching

Quench (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin misal air atau oli. Untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang lazim dilakukan pencelupan dengan air.

Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat

kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat dikeraskan melalui pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula. Media pendinginan yang digunakan dalam produksi harus dilengkapi dengan perlengkapan pendinginan.

METODOLOGI PENELITIAN

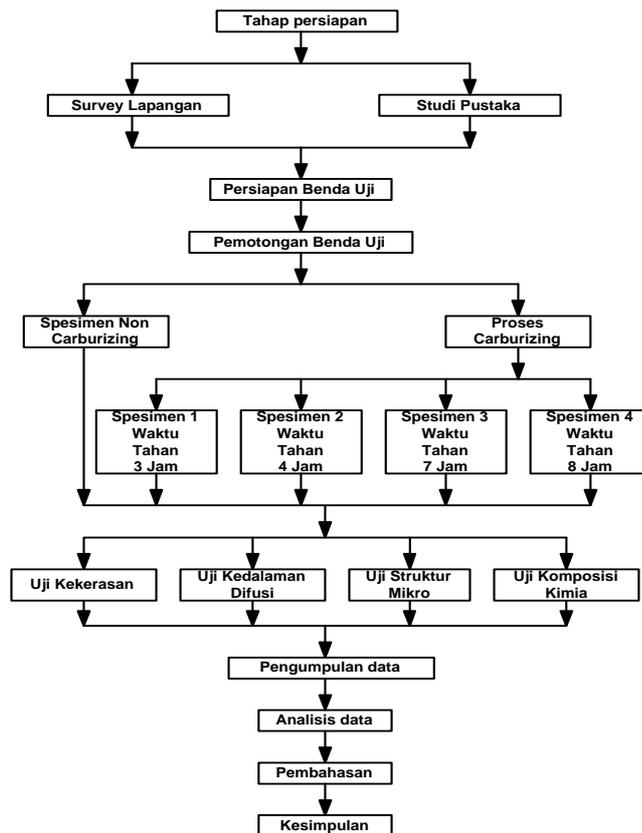
Metode yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimen, setelah melakukan survey. Secara skematis alur penelitian seperti terlihat pada gambar 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode kekerasan Vickers, dengan pembebanan 1000 gf untuk setiap material. Pengujian kekerasan juga dilakukan terhadap material dasar untuk melihat perbandingan kekerasan antara material dasar dengan material pengarbonan.

Pelaksanaannya dimulai dari titik pinggir material pengarbonan menuju inti material tersebut dan lokasi titik uji kekerasan dapat dilihat pada gambar 3. Sedangkan untuk material dasar sebagaimana terlihat pada gambar 2. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada tabel 1 sampai dengan tabel 5.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 1 Harga kekerasan material dasar

| No | Jarak dari tepi (mm) | D1 | D2 | D rata-rata | HVN (kg/mm ²) |
|----|----------------------|------|------|-------------|---------------------------|
| 1 | 0.2 | 92.4 | 92.6 | 92.5 | 216.8 |
| 2 | 0.5 | 93.1 | 92.9 | 93 | 214.3 |
| 3 | 0.8 | 95.7 | 96.4 | 96.05 | 200.9 |
| 4 | 1.5 | 96.2 | 96.6 | 96.4 | 199.5 |
| 5 | 3 | 97.2 | 97 | 97.1 | 196.6 |

Tabel 2. Harga kekerasan material pengarbonan dengan waktu tahan 3 jam

| No | Jarak dari tepi (mm) | D1 | D2 | D rata-rata | HVN (kg/mm ²) |
|----|----------------------|------|------|-------------|---------------------------|
| 1 | 0.2 | 49.3 | 51.1 | 50.2 | 735.7 |
| 2 | 0.5 | 57.8 | 58.3 | 58.05 | 550.3 |
| 3 | 0.8 | 60.3 | 60.8 | 60.55 | 505.7 |
| 4 | 1.5 | 63.2 | 63.4 | 63.3 | 462.8 |
| 5 | 3 | 64.8 | 64.9 | 64.85 | 440.9 |

Tabel 3. Harga kekerasan material pengarbonan dengan waktu tahan 4 jam

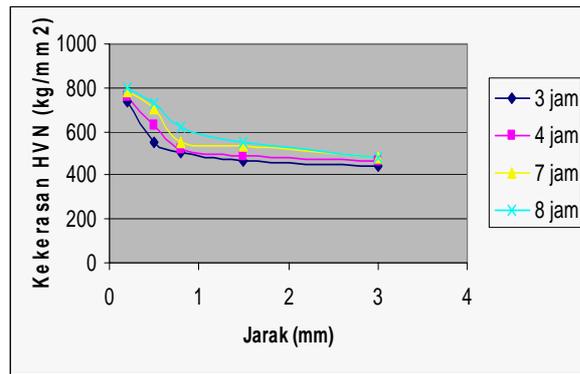
| No | Jarak dari tepi (mm) | D1 | D2 | D rata-rata | HVN (kg/mm ²) |
|----|----------------------|------|------|-------------|---------------------------|
| 1 | 0.2 | 49.2 | 49.4 | 49.3 | 762.9 |
| 2 | 0.5 | 54,1 | 54,3 | 54,2 | 631 |
| 3 | 0.8 | 59,5 | 59,9 | 59,7 | 520 |
| 4 | 1.5 | 61,7 | 61,3 | 61,5 | 490,2 |
| 5 | 3 | 63,2 | 64,9 | 64,85 | 462,8 |

Tabel 4. Harga kekerasan material pengarbonan dengan waktu tahan 7 jam

| No | Jarak dari tepi (mm) | D1 | D2 | D rata-rata | HVN (kg/mm ²) |
|----|----------------------|------|------|-------------|---------------------------|
| 1 | 0.2 | 48.6 | 48.8 | 48.7 | 781.9 |
| 2 | 0.5 | 51 | 51.8 | 51.4 | 702.1 |
| 3 | 0.8 | 57.9 | 58.3 | 58.1 | 549.3 |
| 4 | 1.5 | 59 | 58.8 | 58.9 | 534.4 |
| 5 | 3 | 62.2 | 62.3 | 62.25 | 478.4 |

Tabel 5. Harga kekerasan material pengarbonan dengan waktu tahan 8 jam

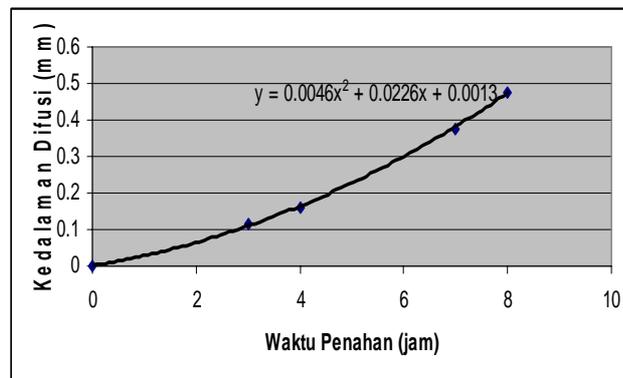
| No | Jarak dari tepi (mm) | D1 | D2 | D rata-rata | HVN (kg/mm ²) |
|----|----------------------|------|------|-------------|---------------------------|
| 1 | 0.2 | 48 | 48.2 | 48.1 | 801.5 |
| 2 | 0.5 | 50.2 | 51.4 | 50.3 | 732 |
| 3 | 0.8 | 54.6 | 54.7 | 54.65 | 620.8 |
| 4 | 1.5 | 57.6 | 58 | 57.8 | 551.1 |
| 5 | 3 | 62.1 | 62.3 | 62.2 | 479.3 |



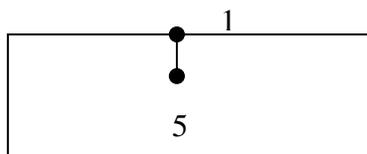
Gambar 2. Grafik hasil pengujian kekerasan material pengarbonan

Tabel 6. Kedalaman Difusi

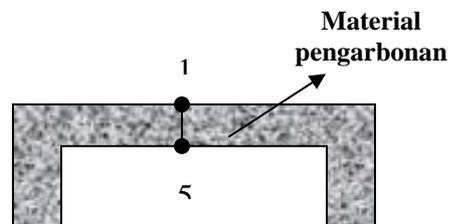
| No | Waktu penahanan (jam) | Kedalaman difusi (mm) |
|----|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 3 | 0.1155 |
| 2 | 4 | 0.1617 |
| 3 | 7 | 0.3773 |
| 4 | 8 | 0.4774 |



Gambar 3. Grafik hasil pengujian kedalaman difusi material pengarbonan



Gambar 4. Skema letak pengujian kekerasan material dasar



Gambar 5. Skema letak titik pengujian kekerasan material pengarbonan

Hasil Pengujian Kedalaman Difusi

Hasil pengukuran kedalaman difusi atom karbon material pengarbonan dengan variasi waktu penahan 3 jam, 4 jam, 7 jam, 8jam, dapat dilihat pada Tabel 6 .

Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan mesin spektrum komposisi kimia universal yang memberikan hasil pembacaan kadar komposisi kimia benda uji. Dalam pengujian ini dilakukan 3 kali penembakan yang nantinya dapat diambil nilai rata-rata.

Tabel 7. Komposisi kimia

| Unsur paduan | Komposisi rata-rata (%) | | | |
|------------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Waktu tahan 3 jam | Waktu tahan 4 jam | Waktu tahan 7 jam | Waktu Tahan 8 jam |
| Ferro (Fe) | 95.81 | 95.68 | 95.53 | 95.19 |
| Silikon (Si) | 0.25 | 0.25 | 0.252 | 0.263 |
| Vanadium (V) | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Cobalt (Co) | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.013 |
| Carbon (C) | 0.259 | 0.352 | 0.505 | 0.808 |
| Cuprum (Cu) | 0.184 | 0.188 | 0.187 | 0.19 |
| Titanium (Ti) | <0.000 | <0.000 | <0.000 | <0.000 |
| Niobium (Nb) | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.006 |
| Mangaan (Mn) | 0.421 | 0.425 | 0.429 | 0.43 |
| Nikel (Ni) | 1.669 | 1.694 | 1.684 | 1.694 |
| Aluminium (Al) | 0.014 | 0.013 | 0.014 | 0.015 |
| Phospor (P) | 0.011 | 0.014 | 0.014 | 0.013 |
| Chrom (Cr) | 1.295 | 1.297 | 1.295 | 1.304 |
| Boron (B) | <0.000 | <0.000 | <0.000 | <0.000 |
| Sulfur (S) | 0.025 | 0.025 | 0.025 | 0.029 |
| Molibdenium (Mo) | 0.009 | 0.009 | 0.009 | 0.01 |
| Wolfram (W) | 0.037 | 0.038 | 0.037 | 0.035 |

Pengujian Struktur Mikro

Dari hasil foto struktur mikro material pengarbonan seperti terlihat pada gambar 6. sampai gambar 14. dapat diamati bahwa pada bagian permukaan material pengarbonan sesuai dengan variasi waktu tahan masing-masing material tersusun atas fasa martensit dan austenit sisa. Dari hasil foto struktur mikro juga dapat dilihat adanya difusi karbon yang berbeda sesuai variasi waktu tahan masing-masing material.

Pengujian Kekerasan Mikro

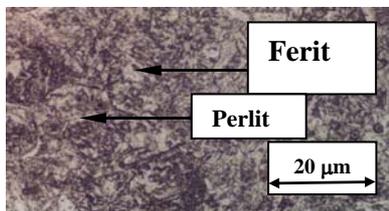
Pengujian kekerasan yang dilakukan pada material pengarbonan menghasilkan

distri-busi kekerasan yang berbeda dari bagian permukaan menuju inti. Hasil pengujian kekerasan mikro material pengarbonan dengan variasi waktu penahanan 3 jam ; 4 jam ; 7 jam ; 8 jam dapat dilihat pada tabel 2. sampai dengan table 5. Perbedaan tingkat kekerasan tersebut dipengaruhi oleh variasi waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan, sehingga atom C yang terbentuk makin banyak yang akan mempengaruhi peningkatan kekerasan. Sebagaimana tampak pada gambar 14. harga material pengarbonan semakin kecil searah menuju inti untuk masing-masing

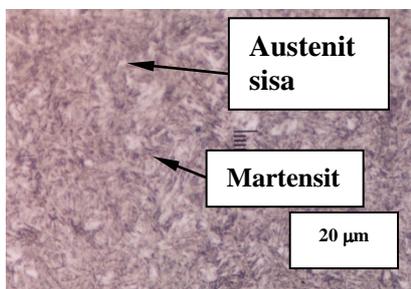
waktu tahan. Hal ini disebabkan oleh kadar karbon dalam arah menuju inti juga semakin berkurang. Namun pada jarak yang sama dari permukaan harga kekerasan berbeda untuk masing-masing waktu penahanan dan cenderung menjadi lebih keras untuk waktu penahanan yang semakin lama, yang berarti kadar karbon semakin meningkat. Jadi semakin lama waktu penahanan maka harga kekerasan pada jarak tertentu dari permukaan akan semakin keras, akibatnya semakin banyak terbentuk fasa martensit pada bagian permukaan material pengarbonan.

Pengujian Kedalaman Difusi

Hasil pengukuran kedalaman difusi atom karbon kedalam material terlihat pada table 6. dan hasil pengukuran tersebut dinyatakan dalam bentuk diagram kedalaman difusi dan dari kurva yang terbentuk akan didapat persamaan kurva, seperti terlihat pada gambar 15.



Gambar 6. Struktur mikro material dasar

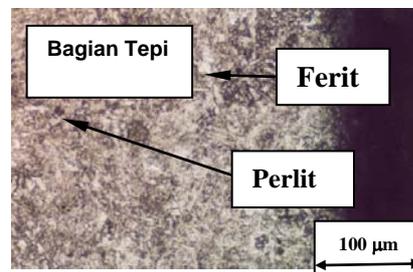


Gambar 8. Foto Struktur Mikro Material Pengarbonan Waktu Tahan 3 Jam

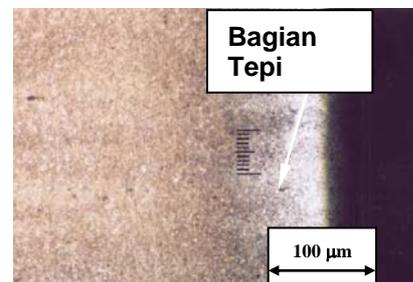
Dari gambar tersebut tampak bahwa semakin lama waktu penahanan dalam proses pengarbonan maka akan semakin meningkatkan kedalaman difusi. Hal ini disebabkan oleh difusi atom C yang makin jauh kedalam material pengarbonan.

Pengujian Komposisi Kimia

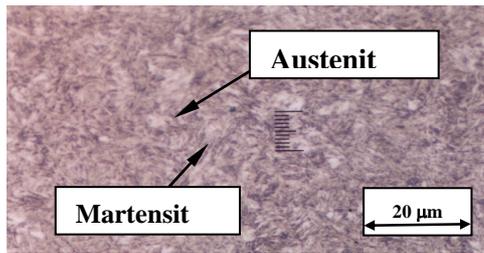
Hasil pengujian komposisi kimia material pengarbonan dengan variasi waktu tahan 3 jam; 4 jam; 7 jam; 8 jam menunjukkan bahwa kandungan unsur karbonnya semakin meningkat. Peningkatan unsur karbon tersebut dipengaruhi oleh makin lamanya waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan. Dimana temperature media karburisasi terurai menjadi CO yang selanjutnya terurai menjadi karbon aktif, yang dapat berdifusi masuk kedalam material, sehingga menaikkan kadar karbon dalam material. Adapun hasil pengujian komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 7.



Gambar 7. Foto struktur mikro material dasar bagian tepi



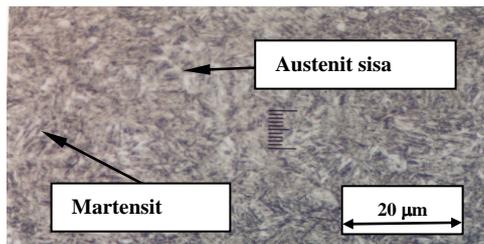
Gambar 9. Foto struktur mikro kedalaman difusi material pengarbonan waktu tahan 3 jam



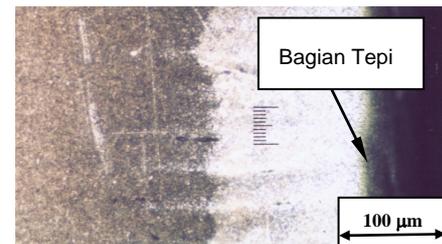
Gambar 10. struktur mikro material pengarbonan waktu tahan 4 jam



Gambar 11. Struktur mikro kedalaman difusi material pengarbonan waktu tahan 4 jam



Gambar 12. Struktur mikro kedalaman difusi material pengarbonan waktu tahan 7 jam



Gambar 13. Struktur mikro kedalaman difusi material pengarbonan waktu tahan 8 jam

KESIMPULAN

Setelah melakukan beberapa pengujian yang meliputi pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan, pengujian kedalaman difusi, dan pengujian komposisi kimia pada material pengarbonan maka diambil kesimpulan sebagai berikut ini.

Hasil pengamatan foto struktur mikro pada bagian permukaan menunjukkan fasa martensit, semakin banyak fasa martensit

yang terbentuk menyebabkan tingkat kekerasan semakin tinggi searah dengan meningkatnya variasi waktu tahan. Hasil pengujian kedalaman difusi dan komposisi kimia menunjukkan semakin dalam difusi karbon dan meningkatnya kadarkarbon dipengaruhi oleh variasi waktu tahan. Semakin lama waktu tahan, semakin lama difusi karbon dan semakin meningkatnya komposisi unsur karbon.

DAFTAR PUSTAKA

- Supriyono, 2001. *Pengaruh Waktu Pengarbonan terhadap Distribusi Kekerasan dan Kedalaman Difusi pada Proses Pengarbonan Padat*, Media Mesin, Jurusan Teknik Mesin UMS, Surakarta
- Surdia T., Saito S., 2000. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Van Vlack L.H., G.E., 1991. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, alih bahasa Djapirie S., Erlangga, Jakarta.

PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI UNTUK PEMBUATAN KOMPOSIT HAMBAT PANAS MENGGUNAKAN MATRIK RESIN

Ngafwan

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl.A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

ABSTRACT

The paddy husk is often used as material for persevering ice block which means it has good thermal resistance property. The thermal resistance of paddy husk can be used as base for composing new composite material having good thermal resistance property. The material is made by using polyester as binder with composition paddy husk and polyester in 20%, 30%, 40%, 50% and 60% of husk volume fraction. The types of composite manufactured are honeycomb and non-honeycomb composites. The only test that has been carried out is thermal conductivity property. The thermal conductivity decreases as material temperature increases. In honeycomb composite the decrease of thermal conductivity occurred greater than that in non-honeycomb composite.

Keywords: *honeycomb composite, conductivity, bending strength*

PENDAHULUAN

Sekam padi adalah limbah dari penggilingan padi yang jumlahnya sangat banyak dan nilai ekonomisnya sangat murah. Agar bahan limbah sekam padi ini dapat dipakai sebagai matrial teknik maka limbah sekam padi perlu dikembangkan sebagai bahan komposit yang penggunaannya sesuai sifat fisis dan mekanisnya. Sesuai penggunaannya sekam padi sering dipakai bahan pelindung untuk menyimpan Es artinya sekam padi merupakan bahan hambat panas yang baik.

Sifat hambat panas yang dimiliki sekam padi tersebut perlu pemikiran pengembangan untuk menjadi material komposit baru dengan bahan dasar dari limbah sekam padi untuk dijadikan komposit hambat panas.

Sebagai penelitian awal ini dipilih Resin sebagai matrik dan limbah sekam padi sebagai serat pendek yang disusun secara acak sehingga terbentuk material komposit, karena setiap material mempunyai sifat

terhadap fisis dan mekanis, maka melakukan penelitian ini dilakukan uji hambat panas, bending dan impak. Untuk memperoleh sebaran data penelitian maka penelitian ini dilakukan dengan langkah membuat variasi fraksi volume serat bervariasi

Sesuai dengan latar belakang masalah, rumusan masalah dan kajian pustaka, maka penelitian ini adalah mengetahui fenomena sifat hambat panas komposit serat sekam padi dengan matrik resin dengan model honeycomb dan komposit biasa

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

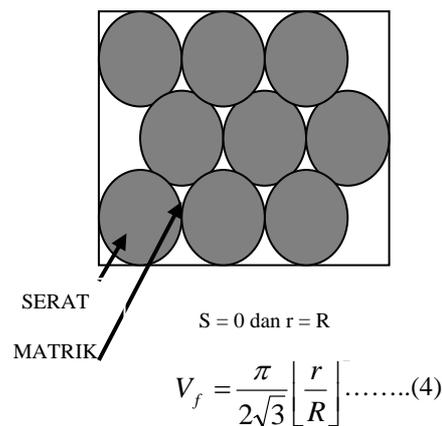
dalam serat mencapai regangan putus (Dieter, 1996).

Pengujian kekuatan tarik, bending dan impact terhadap komposit serat gelas 3 layer dalam bentuk *chopped strand mat* dengan berat jenis 300 gram/m² 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/mm².

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



**Gambar 1. Komposit dengan serat teratur
S = 0 dan r = R**

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.

dengan catatan :

V₁, V₂, ... = fraksi volume,

W₁, W₂, ...= fraksi berat

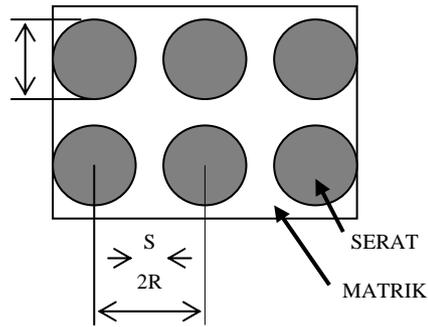
ρ₁, ρ₂,... ..= densitas bahan pembentuk

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

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

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

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



$$V_f = \frac{\pi}{4} \left[\frac{r}{R} \right] \dots\dots(5)$$

Gambar 2. Komposit dengan serat teratur S≠0

2. 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 di sampingnya. 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.

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

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

Dimana :

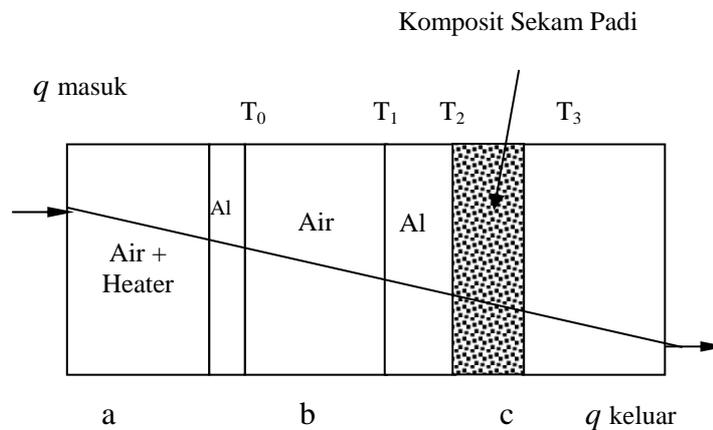
q : Kalor, (Watt).

K:Konduktivitas thermal, (W/m°C).

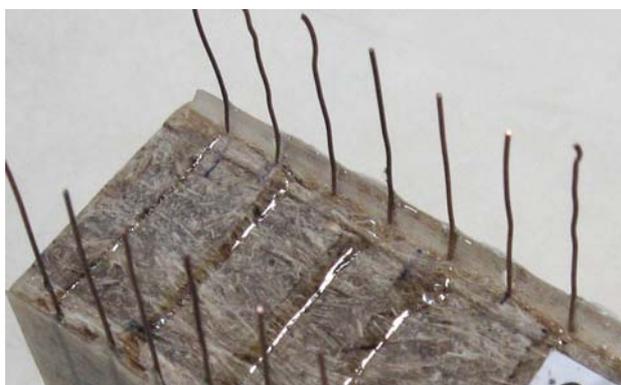
A : Luas Penampang, (m²).

Δx : Tebal, (m)

ΔT : Kalor yang mengalir, (Watt).



Gambar 3. Cara uji hambatan panas



Gambar 4. Spesimen uji 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 (ΔT) 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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji hambat panas dari berbagai fraksi volume serat yaitu 20%;40%;50% dan 60% menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur spesimen hambat panasnya semakin rendah. Penurunan nilai hambat panas ini dikarenakan dengan

meningkatnya temperatur mengakibatkan volume menjadi lebih besar sehingga kepadatan material menjadi berkurang sehingga jarak antar partikel yang berfungsi penghantar panas semakin jauh yang berakibat nilai hantar panas. Dari berbagai komposit dengan fraksi volume serat yang berbeda terlihat bahwa pada komposit fraksi volume serat 50% terjadi perubahan nilai hambat panas terhadap temperatur yang sangat rendah dan mendekati linier jika dibandingkan dengan fraksi volume yang lain, kejadian ini dikarenakan bahwa pelapisan serat oleh matrik dikatakan simbang di setiap titik sehingga perambatan panas yang terjadi tidak mengalami pembelokan seragam sehingga kesetabilan perambatan panas lebih baik dibandingkan yang lain.

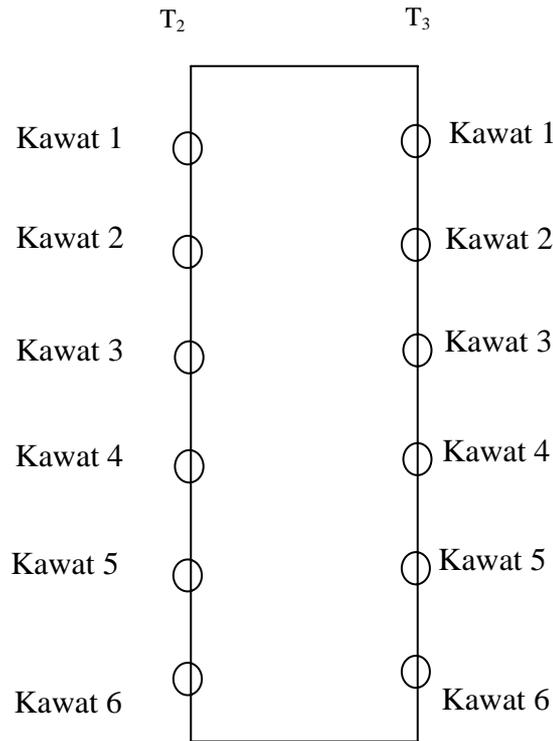
Pada material honeycom menunjukkan bahwa nilai hambat panas pada fraksi volume 50% sampai 60% mempunyai nilai yang non linier dibandingkan, namun fenomena ini beda berlawanan dengan material yang tidak honeycomb yaitu grafiknya mengarah pada linier.

Gejala demikian terjadi dua model perpindahan kalor yang pemodelannya

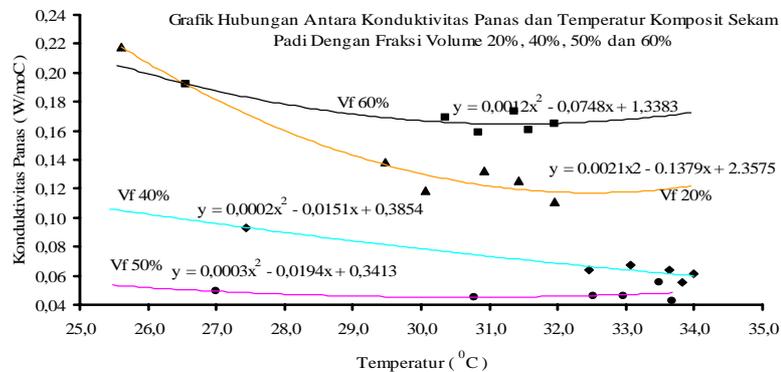
dapat digambarkan yaitu perpindahan kalor konduksi dan gabungan konduksi radiasi pada kondisi beda temperatur relatif kecil dan besar sehingga faktor T^4 sangat mempengaruhi harga konduktivitas, seperti pada gambar.

Ditinjau dari perbandingan dua grafik material komposit yang normal dan

honeycom seperti pada gambar 5.6 menunjukkan bahwa nilai konduktivitas panas pada material honeycom lebih linier dan lebih stabil walaupun angka hambat panasnya lebih besar dibandingkan yang material normal.

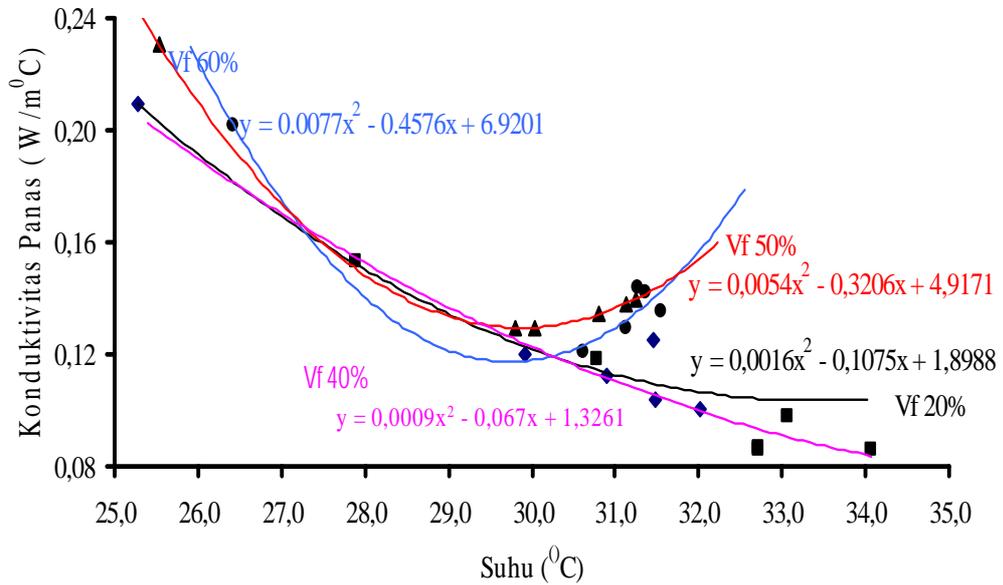


Gambar 5. Skema urutan pencatatan suhu

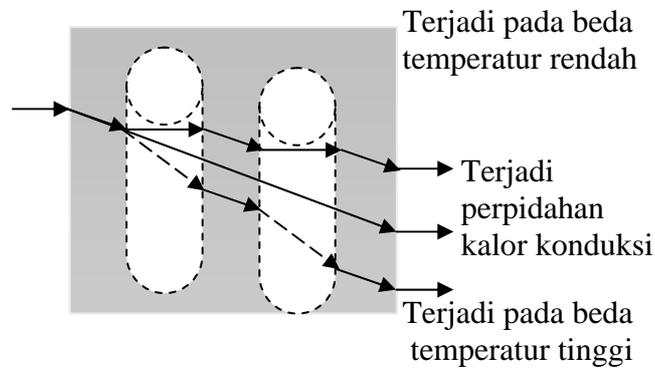


Gambar 6. Hubungan konduktivitas dengan suhu dengan variasi vf

Grafik Hubungan Antara Konduktivitas Panas dan Temperatur Komposit Sekam Padi Honeycomb Dengan Fraksi Volume 20%, 40%, 50% dan 60%

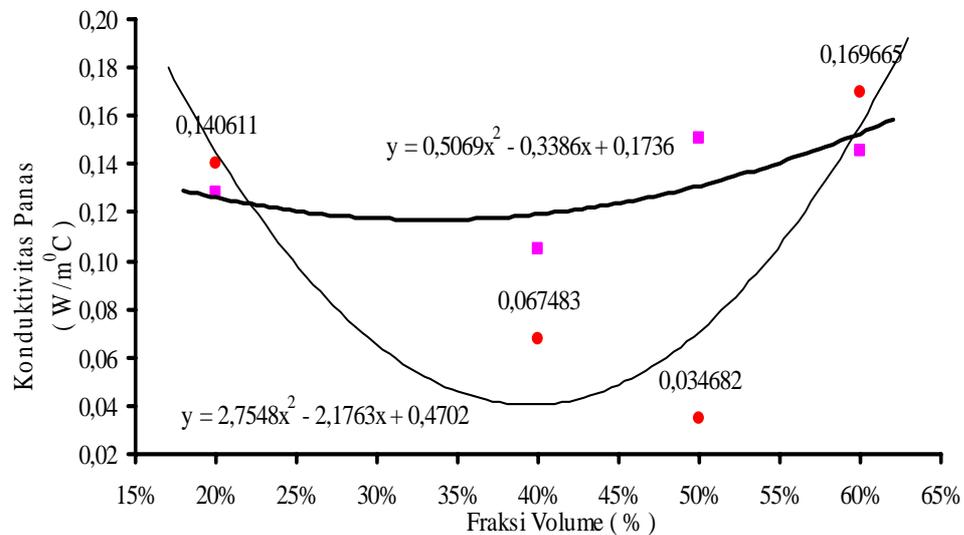


Gambar 7 Hubungan konduktivitas dengan suhu komposit honeycomb dengan suhu dengan variasi vf



Gambar 8. Fenomena perpindahan kalor pada honeycomb

Grafik Hubungan Antara Konduktivitas Panas dan Fraksi Volume Komposit Sekam Padi



Gambar 9. Hubungan konduktivitas dengan suhu

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan.

1. Perpindahan kalor pada komposit sangat ditentukan oleh prosentase serat dan matrik, semakin besar fraksi volume serat maka konduktivitas mengarah pada sifat serat.

2. Dengan model honeycomb maka nilai konduktivitas dapat menurunkan sehingga dapat menurunkan sifat ketergantungan pada matrik

2. Saran

Untuk memperoleh siaf hambatan yang baik maka perlu pengembangan pengembangan model lubang dan pelapis lubang.

DAFTAR PUSTAKA

- Gibson, R.F, 1994, *Principle of Composite Material Mechanics*, Department 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, dan Diharjo, K.,2004, *Pengaruh Kepadatan Core PVC pada Komposit Sandwich Serat Gelas Terhadap Peningkatan*

SIMULASI SPRINGBACK BENCHMARK PROBLEM CROSS MEMBER NUMISHEET 2005

Akhmad Arif Wahyudi, Waluyo Adi S., Tri Widodo B.R.

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Sukoharjo

E-mail: abatran@plasa.com

ABSTRAK

Numisheet 2005 merupakan suatu konferensi internasional yang membahas tentang perubahan konsep dan teknologi baru pada lingkup simulasi sheet metal forming, konsep dan teknologi baru tersebut dimasukkan untuk memenuhi kebutuhan semua industri metal forming. Untuk memenuhi kebutuhan para desainer dan juga ilmu pengetahuan, konferensi menentukan tiga permasalahan yang lebih dikenal dengan BENCHMARK PROBLEM, yaitu Benchmark I, Benchmark II, dan Benchmark III. Benchmark problem ini dimaksudkan agar designer dapat mengevaluasi model pada proses sheet metal forming dengan melakukan pengujian eksperimental maupun simulasi model. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis komponen cross member benchmark II Numisheet 2005 dengan menggunakan metode simulasi numerik. Untuk keperluan proses simulasi numerik pada komponen cross member digunakan File Nas dari 2 jenis file yang tersedia pada benchmark II numisheet 2005 yaitu IGES File dan NAS File. Proses penelitian dan simulasi numerik komponen cross member ini menggunakan solver ABAQUS V64 PR11 dengan bantuan solver MSC. PATRAN dengan prosedur mengikuti guidelines numisheet 2005. Springback selalu terjadi pada sheet metal forming untuk itu perlu diperhatikan karena pengaruhnya sangat penting terhadap perubahan bentuk dan ukuran pada produk akhir yang dihasilkan. Perolehan informasi tentang springback digunakan untuk mendesain dies serta mengontrol ketelitian pada saat memproses bentuk komponen dan memprediksi kegagalan pada proses stamping yang dilakukan.

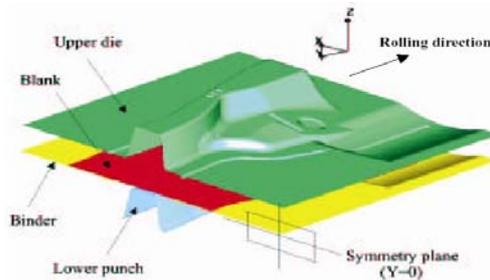
Kata kunci : Numisheet 2005, Abaqus 6.4, Simulasi, Springback.

PENDAHULUAN

Pada penelitian ini, dengan mengaplikasikan teknologi CAD/CAM pada aplikasi *software* atau dalam istilah teknik disebut dengan *solver* berbasis Metode Elemen Hingga non linear untuk simulasi *sheet metal forming*.

Pada kasus ini dengan bantuan *solver* ABAQUS dapat dilihat secara visual proses simulasi *springback* dan *forming* dan juga ditampilkan besarnya tegangan, regangan, gaya, *displacement* dan lain-lain yang

terjadi lewat kontur-kontur warna yang ditampilkan, sehingga dapat diprediksi bagian-bagian kritis atau bagian yang berpotensi mengalami kerusakan. Penggunaan FEA/FEM pada proses simulasi numerik komponen *cross member* dengan bantuan program ABAQUS untuk menghasilkan gambaran pada komponen *cross member problem benchmark II Numisheet 2005* seperti yang terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Komponen *cross member problem benchmark II Numisheet 2005*

Prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data komponen *cross member benchmark II* mengikuti *guidelines numisheet 2005*.
2. Untuk proses simulasi numerik, penulis memanfaatkan *solver ABAQUS*, dengan berdasarkan pada *Analysis model* yang di impor dari file *nastran cross member benchmark II Numisheet 2005* melalui bantuan *solver MSC. PATRAN*.

Perhatian penelitian ini diutamakan pada simulasi *springback* melalui proses *drawing* pembentukan pelat mengikuti desain *dies* yang telah ditentukan sehingga terbentuk komponen *cross member*.

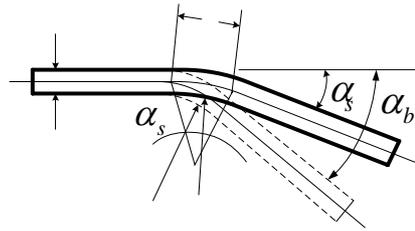
TINJAUAN PUSTAKA

Pada proses *sheet metal forming* plat akan ditekan untuk menghasilkan deformasi plastis, pada saat bending dihilangkan akan terjadi perubahan bentuk atau penyimpangan terhadap permukaan *die* yang digunakan untuk penekanan, hal ini disebabkan karena plat memiliki sifat elastis sehingga sebagian deformasi akan sedikit kembali ke titik tertentu. Penyimpangan bentuk dan ukuran karena sifat elastisitas bahan ini dikenal dengan istilah *springback*, atau regangan elastis sisa pada daerah *bending* pada saat bending dihilangkan yang menyebabkan penyimpangan bentuk pada

sheet metal terhadap bentuk *die*. *Springback* selalu terjadi pada *sheet metal forming* untuk itu perlu diperhatikan karena pengaruhnya sangat penting terhadap perubahan bentuk dan ukuran pada produk akhir yang dihasilkan. *Springback* dapat diamati pada proses bending dimana sudut bending pada saat bending dilepas (setelah terjadi *springback*) akan lebih kecil dibandingkan dengan sudut bending pada saat bending dilakukan pada plat, sedangkan jari-jari bending pada plat pada saat bending dilepas (setelah terjadi *springback*) lebih besar dibanding pada saat bending dilakukan. *Springback* tidak hanya terjadi pada plat tipis atau plat datar, tetapi juga terjadi pada bentuk poros pejal, kawat, batang dengan luas area tertentu, serta pada pipa. Pada prakteknya *springback* dapat dikurangi dengan memberikan bending lebih lama, beberapa trial sangat diperlukan untuk mengamati fenomena *springback* yang terjadi sehingga produk yang dihasilkan mempunyai bentuk dan ukuran yang sesuai dengan desain *die*. Hubungan antara besar sudut bending dengan radius bending dapat diukur pada panjang busur yang dihasilkan pada daerah yang mengalami bending menurut persamaan:

$$W = \alpha_b \left(R_b + \frac{t}{2} \right) \dots\dots\dots (1)$$

atau
Panjang busur setelah *springback*



Gambar 2. Perubahan sudut plat pada teori prediksi *springback*

$$W = \alpha_s \left(R_s + \frac{t}{2} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

- α_b = Sudut *bending* saat *bending*
- α_s = Sudut *bending* setelah terjadi *springback*
- R_b = Radius *bending* saat *bending*
- R_s = Radius *bending* setelah terjadi *springback*
- t = Ketebalan plat

Banyak peneliti memfokuskan penelitian mereka tentang *springback* pada defleksi (lendutan) pada plat bentuk lingkaran dan bentuk lembaran, Johnson dan Singh (1982) adalah orang yang pertama melakukan eksperimen dengan menggunakan *die* silinder dan meneliti pengaruh radius tool, panjang dan tebal plat serta properti dari plat yang digunakan, dan banyak penelitian lain yang melakukan pendekatan analitis dengan menggunakan metode numerik. Pada dasarnya ada dua macam teori yang berkembang untuk memprediksi adanya *springback* yaitu *discharge moment applied* (momen yang hilang) dan *discharge of in-plane force* (gaya dalam bidang yang hilang), disini akan diperkenalkan secara singkat tentang dua teori yang berkembang tersebut.

a. Teori *Momen Discharge*

Menurut Lo's (1995) atau analisis Hosford dan Caddell's (1993) didapatkan persamaan:

$$\frac{1}{R_b} - \frac{1}{R_s} = \frac{2\sqrt{3\sigma_y(1-\nu^2)}}{h.E} \dots\dots (3)$$

Dimana:

- R_s = Radius akhir setelah mengalami *springback*
- R_b = Radius selama *bending* berlangsung
- h = Ketebalan plat
- E = Modulus elastisitas
- σ_y = Tegangan *bending*
- ν = Poisson ratio

Pada teori ini, *springback* yang terjadi pada plat didefinisikan sebagai berikut (Wu, Ying-Hui, 1996):

$$(\alpha_b - \alpha_s) / \alpha_b = \frac{\Delta\alpha}{\alpha_b} = 1 - \frac{R_b}{R_s} = 2\sqrt{3(1-\nu^2)} \left(\frac{R}{h} \right) \left(\frac{\sigma_y}{E} \right) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

- α_b = Sudut selama *bending*
- α_s = Sudut akhir setelah terjadi *springback*

b. Teori *Force Discharge*

Berbeda dengan teori yang telah dikemukakan Yu et al (1984), untuk perlakuan stamping dan *springback* pada plat lingkaran yang dideformasi dengan *die* setengah lingkaran sesuai dengan analisa, *springback* pada plat berbentuk lingkaran dapat mendekati prediksi yang didasarkan pada distribusi gaya membran yang merupakan gabungan dengan metode singkat Calladine (Yu et al, 1984). Teori ini menjelaskan penurunan regangan elastis pada lingkaran yang menyebabkan sisi bagian luar akan bergerak atau bertambah lebar. Gaya membran tersebut didefinisikan sebagai berikut (Yu et al, 1984):

$$N_{ab} = -\sigma_y \cdot h \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

N_{ab} = Gaya pada membran.

Untuk plat dengan bentuk persegi maka gaya yang terjadi saat beban dihilangkan sebesar $2\alpha_y \cdot h / \sqrt{3}$ karena termasuk dalam regangan bidang.

Regangan yang terjadi pada plat bagian luar *bending* adalah:

$$\varepsilon = 2\sigma_y (1 - \nu^2) / \sqrt{3} \dots\dots\dots (6)$$

Untuk plat bagian dalam *bending* akan mengalami tekanan atau pemendekan. Jika perbandingan $\sigma_y (1 - \nu^2) / E$ sangat kecil maka akan didapatkan persamaan untuk memprediksi terjadinya *springback* (Wu, Ying-Hui, 1996).

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha_b} = \frac{2m(1 - \nu^2)\sigma_y \cos \alpha_b}{\sqrt{3}E(1 - \cos \alpha_b)} \dots\dots (7)$$

Dimana:

m = faktor radius, sesuai dengan Yu et al (1984) sebesar 9/4

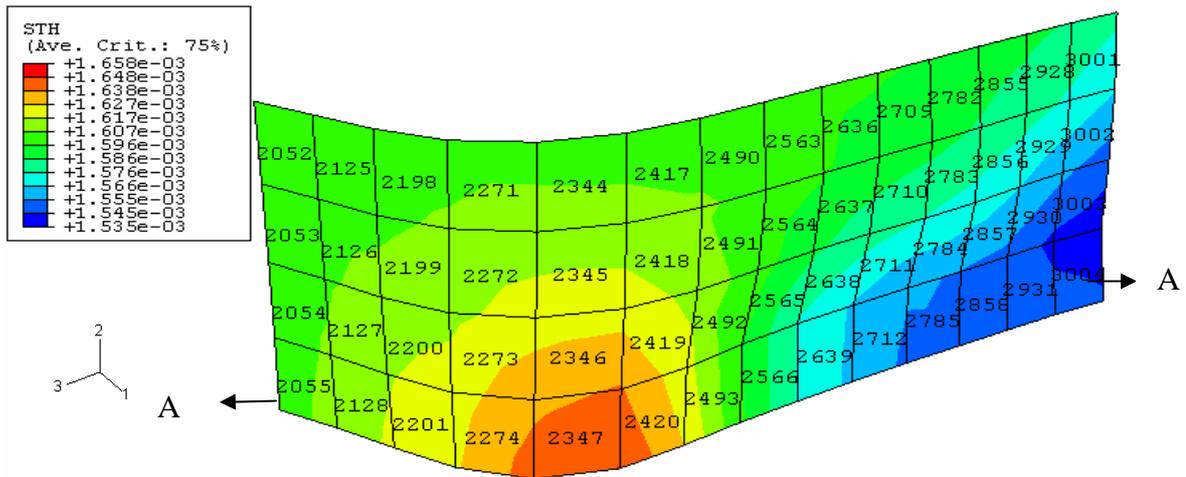
$\Delta\alpha = \alpha_b - \alpha_s$ adalah perubahan sudut mengalami bending dan sudut akhir setelah terjadi *springback*.

METODE PENELITIAN

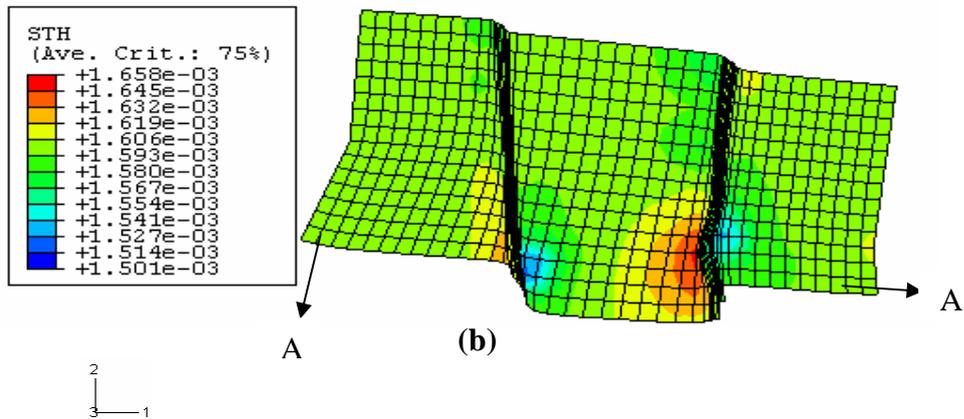
Metode ini dimulai dengan melakukan survei dan studi pustaka. Kemudian dilakukan pemisahan dan *convert* komponen *die* dari file *nastran benchmark II numisheet 2005* menggunakan MSC. Patran untuk selanjutnya dilakukan simulasi numerik menggunakan ABAQUS V.64 PR.11 yang diharapkan memperoleh hasil yang diinginkan. Bila hasil tidak diperoleh maka dilakukan *editing* model dengan mengurangi jumlah elemen dan penambahan signifikan pada *velocity*. *Editing* model tersebut dilakukan untuk menyesuaikan dengan kemampuan fasilitas komputer dalam melakukan analisis model.

HASIL DAN PEMBAHASAN

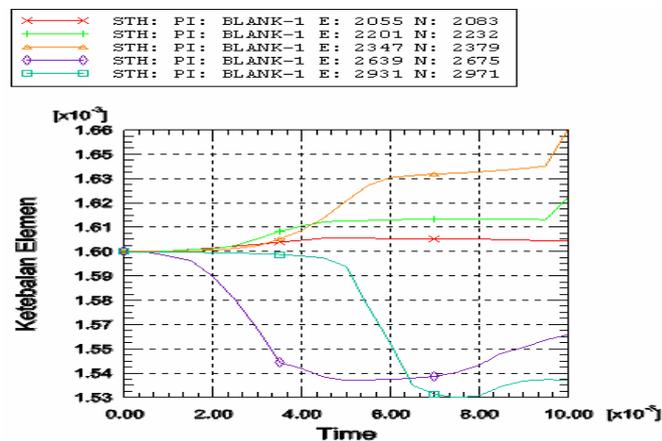
1. Deformasi Ketebalan Elemen



(a)



Gambar 3. (a) *Fully loaded A-A*, (b) Sumbu 1,2 untuk *fully loaded A-A*



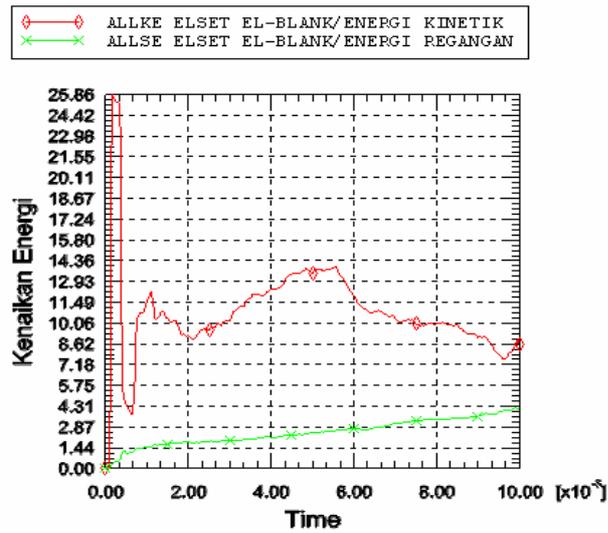
Gambar 4. Diagram deformasi ketebalan pada *fully loaded A-A*

Terjadi deformasi ketebalan elemen pada *fully loaded A-A*. Penebalan dan penipisan elemen diwakili oleh kontur warna berbeda yang ditunjukkan pada gambar 3. Penebalan pada elemen 2347 terjadi karena posisi elemen ini terletak pada alur melengkung yang diperlihatkan pada gambar 3.(b). Penebalan ini terjadi karena adanya *strain* negatif pada proses *formed* ke arah sumbu 3 dimana terjadi konsentrasi *displacement* ke arah elemen ini. Sedangkan penipisan elemen tampak terjadi pada elemen 2931. Hal ini disebabkan oleh adanya *strain* positif pada proses *formed*

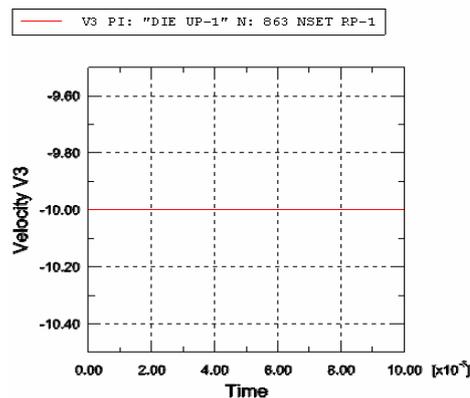
dimana *displacement* cenderung keluar dari elemen ini.

Diagram deformasi ketebalan ditunjukkan pada gambar 4 yang merupakan seleksi elemen yang diambil dari *fully loaded A-A* yang menampilkan kontur warna berbeda. Meskipun terjadi penipisan elemen pada *fully loaded A-A* tetapi tidak menunjukkan adanya sobek ataupun mengkerut akibat dari adanya penebalan elemen. Hal ini menginformasikan bahwa simulasi ini masih menghasilkan *blank deformable* yang halus atau baik.

2. Distribusi Energi



Gambar 5. Grafik hubungan energi kinetik, energi regangan dengan time



Gambar 6. Grafik hubungan *velocity* dengan time

Pada grafik gambar 5 menunjukkan energi kinetik yang lebih besar dari energi regangan. Energi kinetik yang berlebihan artinya memperlihatkan bahwa tabrakan yang terjadi antara *die up* dengan material *deformable* pada awal proses *sheet metal* semakin besar dimana hal ini dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada elemen atau bahkan menyebabkan *error* pada proses simulasi. Hubungan antara grafik gambar 5 dengan grafik gambar 6 yaitu energi kinetik harus lebih kecil daripada energi regangan untuk menghasilkan simulasi yang aman. Untuk

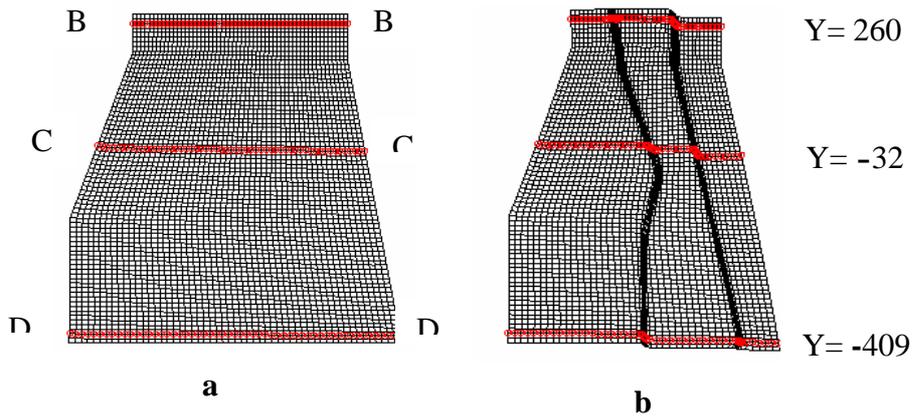
memperkecil energi kinetik, dapat dilakukan pengurangan *velocity* sehingga simulasi dapat diaplikasikan pada industri manufaktur dalam proses *sheet metal forming* sebagai suatu perhitungan numerik yang aman.

Pada simulasi ini tidak dilakukan langkah perencanaan untuk simulasi yang aman dengan menggunakan *velocity* yang kecil yang lebih aplikatif untuk industri *sheet metal forming*. Hal ini dikarenakan keterbatasan fasilitas komputer untuk menganalisa model.

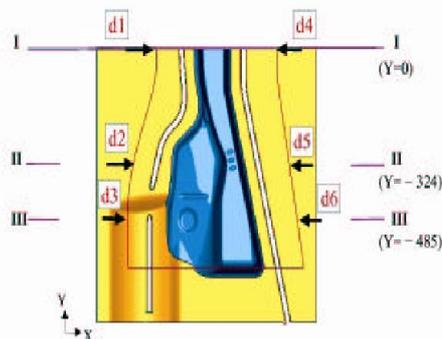
3. Fenomena *Springback*



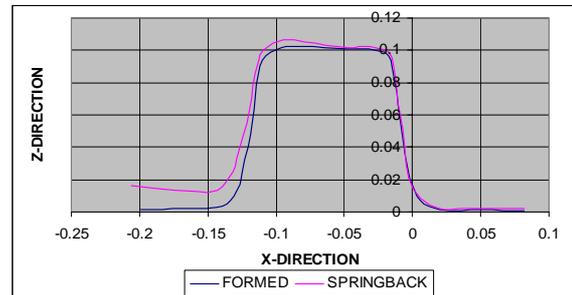
Gambar 7. (a) Frame 20 step *formed* (b) Frame 20 step *springback*



Gambar 8. (a) *Fully loaded* B-B, C-C, D-D (b) Posisi *blank* setelah mengalami *stamping*



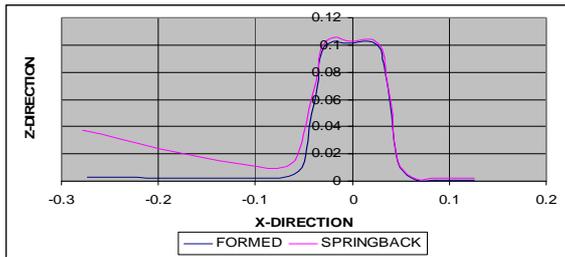
Gambar 9. Koordinat y untuk *fully loaded* pada file asli



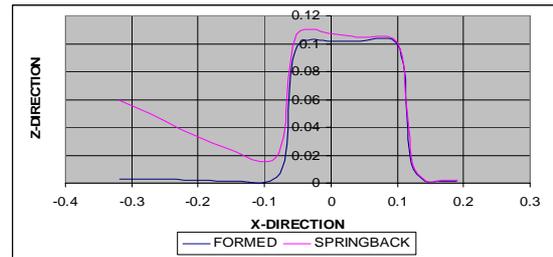
Gambar 10. Grafik fenomena *springback* *fully loaded* B-B (Y = 260 mm)

Gambar 7 frame 20 step *formed* dan frame 20 step *springback* merupakan referensi yang digunakan untuk memvisualisasi *twisting* yang terjadi, sedangkan gambar 8 merupakan *fully loaded* yang dipilih untuk menampilkan koordinat frame gambar 7.

Pada *modeling* tersebut terjadi perubahan koordinat y dari file aslinya pada *fully loaded* di atas. Melakukan *modeling* artinya hanya melakukan pendekatan yang memberikan gambaran bahwa model yang dibuat adalah mirip dengan file aslinya. Koordinat y pada *fully loaded* file aslinya ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 11. Grafik fenomena spring back fully loaded C-C (Y = -32 mm)



Gambar 12. Grafik fenomena spring back fully loaded D-D (Y = -409 mm)

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Pada simulasi ini menunjukkan bahwa pada deformasi ketebalan elemen tidak memperlihatkan adanya robek akibat terjadinya penipisan elemen dan mengkerut akibat adanya penebalan elemen. Hal ini menginformasikan bahwa simulasi ini masih menghasilkan *blank deformable* yang halus atau baik.
2. Energi kinetik berlebih dapat menyebabkan terjadinya kerusakan

pada elemen *deformable* atau bahkan menyebabkan *error* pada simulasi, untuk itu perlu dilakukan pengurangan *velocity*.

3. *Springback* dapat dikurangi dengan memberikan pembebanan lebih lama, beberapa trial sangat diperlukan untuk mengamati fenomena *springback* yang terjadi sehingga produk yang dihasilkan mempunyai bentuk dan ukuran yang sesuai dengan desain *die*.

DAFTAR PUSTAKA

Cook, R. D., 1981, *Concepts And Applications Of Finite Element Analysis*, John Wiley & Sons, inc, Canada.

Makinouchi, A., 1996, *Sheet Metal Forming in Industri*. Journal of Material Processing Technology, V.60, hal. 19-26.

Marciniak, Z., et.al., 2002, *Mechanics Of Sheet Metal Forming*, Butterworth-Heinemann, London

Singer, F.L., dan Andrew Pytel, 1995, *Ilmu Kekuatan Bahan (Teori Kokoh-Strength of Material)*, alih bahasa Darwin Sebayang, Edisi II, Erlangga, Jakarta.

Siswanto, W. A., 2001, *Single Stage Sheet Metal Forming Simulation Using ABAQUS Coupled Explicit-Implicit*, Benchmark Problem Square Cup Deep Drawing in *Numisheet 1993*.

PENELITIAN SIFAT FISIS DAN MEKANIS BAJA KARBON RENDAH AKIBAT PENGARUH PROSES PENGARBONAN DARI ARANG KAYU JATI

Masyrukan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

masyrukan@ums.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini, proses pengarbonan (carburizing) yang dilakukan adalah dengan menambahkan kandungan unsur karbon (C) ke dalam permukaan baja. Sumber karbon diperoleh dari arang kayu jati yang telah ditumbuk halus. Temperatur yang digunakan selama proses pengarbonan adalah 900°C, dengan variasi waktu penahanannya 2 jam, 4 jam, dan 6 jam. Setelah itu didinginkan dengan air (quench). Pembuatan benda uji dilakukan untuk mendapatkan sampel dan supaya memudahkan dalam pelaksanaan penelitian. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan dan pengujian impact. Pengujian kekerasan yang telah dilakukan terhadap material pengarbonan menghasilkan distribusi kekerasan dari permukaan menuju inti, untuk masing-masing waktu penahanan yang berbeda. Untuk waktu penahanan 2 jam mulai HVN 257,5 Kg/mm² sampai 205,3 Kg/mm² menuju inti ; 4 jam mulai HVN 273,1 Kg/mm² sampai 204,4 Kg/mm² menuju inti ; 6 jam mulai HVN 274,6 Kg/mm² sampai 204,4 Kg/mm² menuju inti. Hasil pengamatan foto struktur mikro melalui microscope olympus photomicrographic system dihasilkan foto struktur mikro untuk raw material dan carburizing sama terdapat ferit dan perlit, untuk yang dikarburising struktur mikronya, yaitu ferit dan perlit. Semakin lama proses karburising, semakin banyak pula kandungan perlitnya yang mengakibatkan semakin tingginya tingkat kekerasan. Hasil pengujian impak menunjukkan rata-rata harga impak untuk spesimen raw material = 0,350 J/mm², waktu penahanan 2 jam = 1,013 J/mm², spesimen waktu penahanan 4 jam = 0,600 J/mm², spesimen waktu penahanan 6 jam = 1,590 J/mm².

Kata Kunci : *Carburizing*, arang kayu jati, baja karbon rendah.

PENDAHULUAN

Pemakaian logam *ferrous* baik baja maupun besi cor dengan karakteristik dan sifat yang berbeda membutuhkan adanya suatu penanganan yang tepat sehingga implementasi dari penggunaan logam tersebut dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada, khususnya baja. Penggunaan baja karbon rendah banyak digunakan lebih disebabkan karena baja karbon rendah memiliki keuletan tinggi dan mudah

dimachining, tetapi kekerasannya rendah dan tidak tahan aus. Baja ini tidak dapat dikeraskan dengan cara konvensional karena kadar karbonnya yang rendah, sehingga dilakukan proses *Carburizing*. Proses *Carburizing* sendiri didefinisikan sebagai suatu proses penambahan kandungan unsur karbon (C) pada permukaan baja. Proses *Carburizing* yang tepat akan menambah kekerasan permukaan sedang pada bagian inti tetap liat.

Selain dari pada itu ada hal yang perlu diperhatikan sebelum memulai proses pengarbonan (*Carburising*), yaitu komposisi kimia khususnya perubahan unsur karbon (C) akan dapat mengakibatkan perubahan sifat-sifat mekanik baja tersebut.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Baja Karbon

Baja merupakan paduan yang terdiri dari unsur utama besi (Fe) dan karbon (C), serta unsur-unsur lain, seperti : Mn, Si, Ni, Cr, V dan lain sebagainya yang tersusun dalam prosentase yang sangat kecil. Dan unsur-unsur tersebut akan berpengaruh terhadap mutu dari baja tersebut.

Pada baja karbon rendah mempunyai kandungan karbon % C < 0,3 %. Sifat kekerasannya relatif rendah, lunak dan keuletannya tinggi. Baja karbon rendah biasanya digunakan dalam bentuk pelat, profil, sekrap, ulir dan baut.

Pengerasan Permukaan Baja (*Steel Surface Hardening*)

Pengerasan permukaan dilakukan dengan 2 cara yaitu seluruh permukaan dikeraskan atau sebagian saja dari permukaan yang dikeraskan. Tujuan pengerasan permukaan secara umum adalah memperbaiki ketahanan aus dan ketahanan korosi. Pengerasan permukaan pada baja meliputi dua jenis yaitu *Induction Hardening* dan *Thermo Chemical Treatment*.

Prinsip kerja *Induction Hardening* adalah memanaskan permukaan baja hingga temperatur *austenit* yang sesuai dengan baja yang bersangkutan, kemudian disemprotkan pendingin sehingga permukaan menjadi keras.

Prinsip kerja dari *Thermo Chemical Treatment* adalah menambahkan unsur karbon ke dalam baja untuk mengeraskan bagian permukaan baja tersebut. Salah satu penerapan dari proses *Thermo Chemical Treatment* adalah *carburising* (pengarbonan).

Thermo Chemical Treatment dilakukan terhadap baja yang mempunyai kadar karbon di bawah 0,3%. Kadar karbon ini tidak memungkinkan terjadinya fasa *martensit* yang keras.

Carburising

Pengarbonan (*carburising*) merupakan suatu proses penambahan kandungan karbon pada permukaan baja untuk mendapatkan sifat baja yang lebih keras pada permukaannya. Kondisi ini sangat diperlukan untuk komponen-komponen yang mensyaratkan tahan aus.

Pada pengarbonan padat, dipakai arang yang dicampur dengan 10% - 20% Na_2CO_3 / BaCO_3 , baja dimasukkan ke dalam campuran ini, ditempelkan pada suatu wadah dan ditutup rapat kemudian dipanaskan. Dengan demikian permukaan baja akan mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi.

Kandungan karbon akan bervariasi dalam arah menuju inti. Pada permukaan kandungan karbon tinggi, dan akan berkurang dalam arah menuju inti. Konsekuensinya struktur mikro akan berubah pula dari permukaan menuju inti.

Quenching

Quench (celup cepat) adalah salah satu perlakuan panas dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin misal air atau oli. Untuk memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang lazim dilakukan pencelupan dengan air.

Untuk baja karbon tinggi dan baja paduan biasanya digunakan minyak sebagai media pencelupan, pendinginannya tidak secepat air. Tersedia berbagai jenis minyak, seperti minyak mineral dengan kecepatan pendinginan yang berlainan sehingga dapat diperoleh baja dengan berbagai tingkat kekerasan. Untuk pendinginan yang cepat dapat digunakan air garam atau air yang disemprotkan. Beberapa jenis logam dapat

dikeraskan melalui pendinginan udara terlalu lambat. Benda yang agak besar biasanya dicelup dalam minyak. Suhu media celup harus merata agar dapat dicapai pendinginan yang merata pula. Media pendinginan yang digunakan dalam produksi harus dilengkapi dengan perlengkapan pendinginan.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir pada penelitian ini dibuat agar mudah dalam pelaksanaan penelitian. Adapun diagram alirnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Persiapan Benda Uji

Material yang akan diuji pada penelitian ini adalah baja cor produksi pabrik pengecoran Batur, Ceper, Klaten. Sedangkan banyaknya benda uji adalah 8 buah, yaitu 3 untuk uji kekerasan dan sekaligus untuk uji struktur mikro, dan 1 adalah *raw material* untuk uji kekerasan dan sekaligus juga untuk uji struktur mikro, 3 yang lain untuk uji impact sedangkan yang 1 untuk *raw material* uji *impact*.

Pemotongan

Pemotongan benda uji ini dilakukan dengan menggunakan gergaji yang dibilasi dengan air .

Karbonasi

Karbonasi dilakukan pada dapur pemanas (oven). Karbonasi ini menjadi penelitian karena yang akan diuji adalah pengaruh karbonasi terhadap baja karbon rendah.

Pada pengujian ini sistim yang karbonasi dipakai adalah *pack karburizing* atau pengkarbonan dengan media padat. Sedangkan bahan yang dipakai adalah arang kayu jati.

Mula-mula benda dipanaskan dalam tungku (oven) dengan suhu pemanas 900°C , sedangkan lama pemanasan 2, 4, dan 6 jam.

Setelah benda uji selesai dipanaskan dengan sistim karbonasi kemudian didinginkan dengan dicelup pada media pendingin yaitu air.

Peletakan material benda uji ke dalam wadah dari tanah liat selama proses pengarbonan seperti terlihat pada gambar berikut ini.

Pada tahap ini benda uji dihaluskan dengan ampelas untuk menghasilkan permukaan yang rata. Ampelas yang digunakan dari nomor 600, 800, 1000, dan untuk mendapatkan hasil permukaan yang halus dan mengkilap benda uji kemudian dipoles dengan menggunakan *autosol* untuk menghilangkan goresan-goresan yang diakibatkan oleh ampelas

Setelah benda uji cukup halus, maka langkah selanjutnya adalah memoles dengan *autosol* untuk mendapatkan permukaan yang halus dan mengkilat, sehingga struktur benda uji menjadi jelas. Pemolesan dilakukan sebelum pengujian kekerasan setelah benda dipoles dapat langsung diuji.

Pemolesan *autosol* pada benda uji harus menggunakan kain yang lembut agar permukaan benda benar-benar mengkilat dan tidak ada goresan, karena apabila ada goresan pada permukaan benda uji, maka goresan akan nyata sekali bila dilihat dibawah mikroskop.

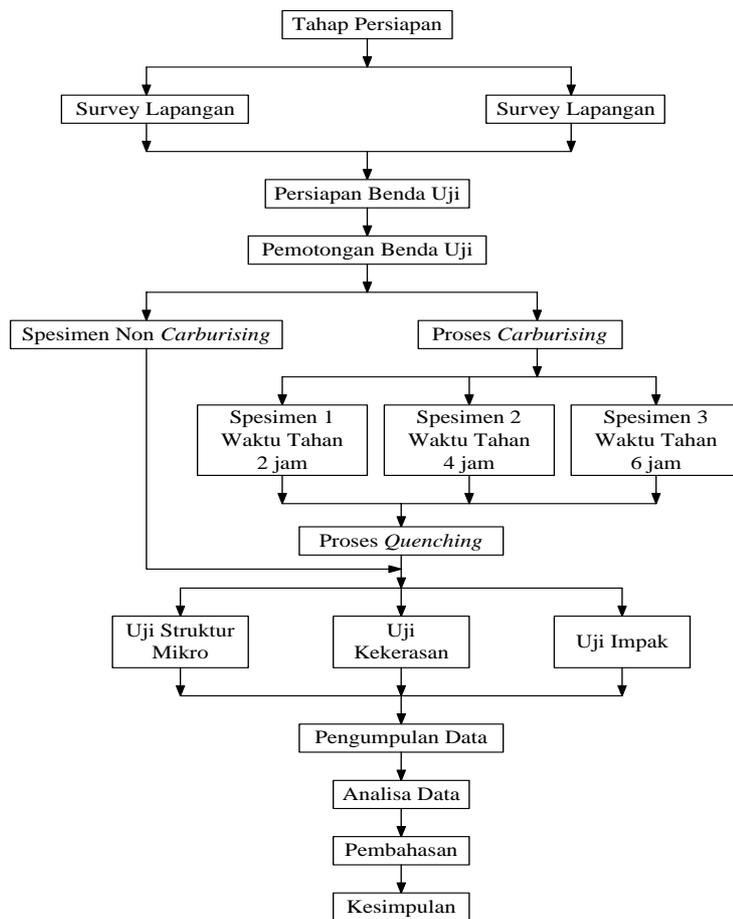
Pengetsaan

Pengetsaan hanya dilakukan untuk benda uji yang akan diamati struktur mikronya. Bahan etsa menggunakan HNO_3 (*nitrit acid*).

Tujuannya untuk menampakkan struktur mikro di bawah mikroskop agar tampak jelas.

Pengujian Struktur Mikro

Alat uji yang digunakan dalam proses ini adalah mikroskop (*Olympus Metallurgica Microscope*) yang mempunyai perbesaran 100X, 200X, 500X, 1000X, dan 2500X, sedangkan pemotretan struktur mikronya menggunakan alat *Olympus Photomicrographic System*, dengan perbesaran yang diam-bil 500X.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengujian Kekerasan

Alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan adalah *Olympus Micro Harde-nenss Tester*. Metode pengujian kekerasan dalam pengujian ini adalah menggunakan metode vikers dengan menggunakan penetrator piramida 136 dengan beban 200 gr dan waktu tahan pembebanan 5 detik. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali setiap benda uji untuk menentukan kekerasan rata-ratanya.

Pengujian Impact

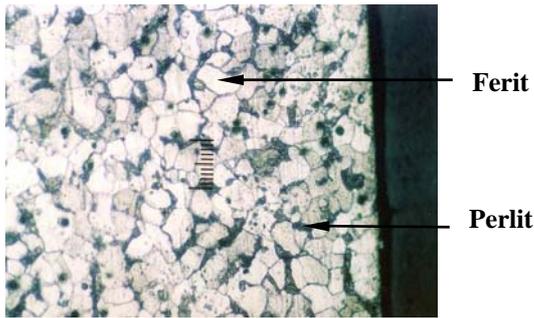
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketangguhan suatu spesimen terhadap beban patah. Hal yang sangat penting pada uji *impact* ini adalah pembuatan takik yang memerlukan ketelitian khusus dan kepresisian yang tinggi. Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan dua benda uji yaitu baja karbon rendah sebelum

dikarbonasi dan baja karbon rendah setelah dikarbonasi. Jadi spesimen uji dibuat sedemikian rupa sehingga kedua benda uji benar-benar memiliki dimensi yang sama. Pengujian ini menggunakan mesin *Charpy Impact Machine*.

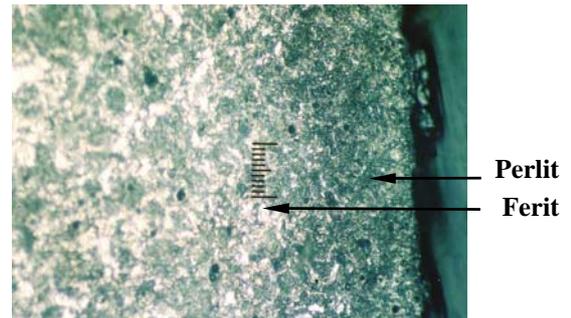
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan hasil pengujian struktur mikro

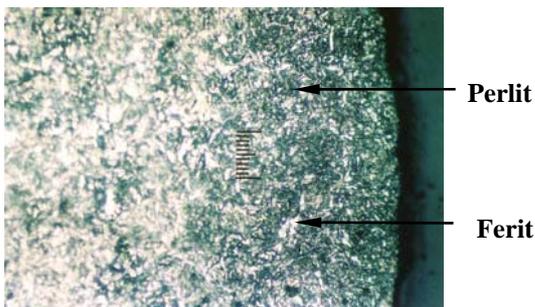
Dari hasil pengamatan struktur mikro sebelum dikarbonasi menunjukkan struktur ferit lebih banyak, akan tetapi sesudah proses karburising justru struktur perlitnya yang lebih banyak daripada feritnya. Gambar Pengujian dapat dilihat pada gambar 2 sampai gambar 5.



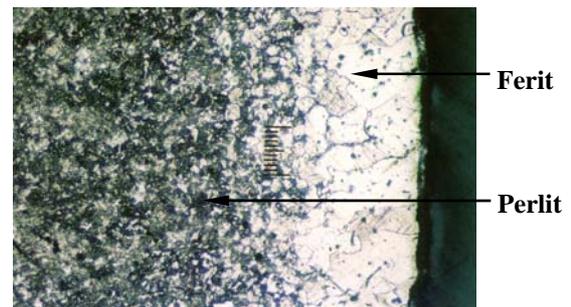
Gambar 2. Foto struktur mikro raw material



Gambar 3. Foto struktur mikro material pengarbonan waktu



Gambar 4. Foto struktur mikro material pengarbonan

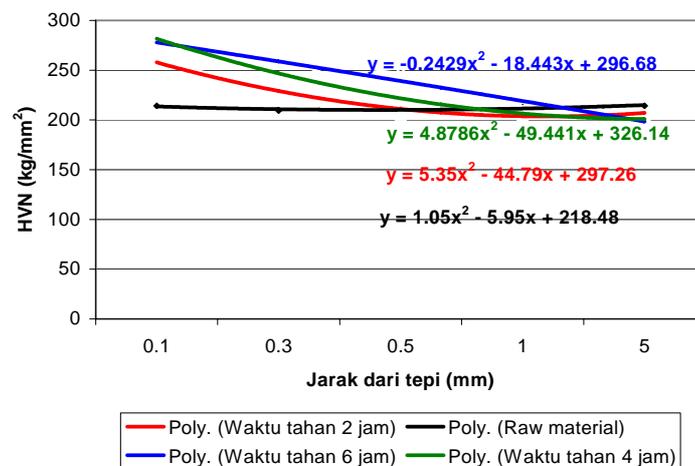


Gambar 5. Foto struktur mikro material pengarbonan waktu tahan 6

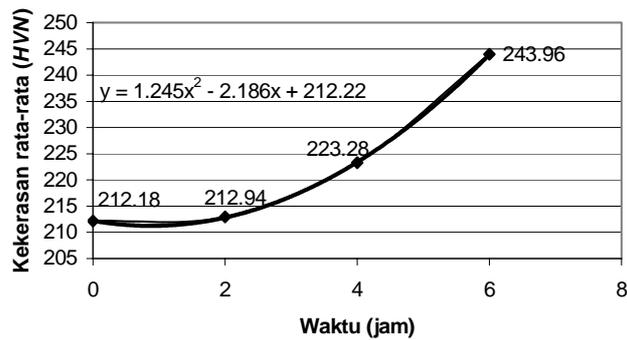
Pembahasan hasil pengujian kekerasan

Dari proses pengujian kekerasan pada 4 spesimen terdapat perbedaan keke-
rasan, yaitu pada karburising selama 6 jam dengan harga kekerasan tertinggi (274,6 kg/mm²) disusul dengan karbu-
rising selama 4 jam (273,1 kg/mm²) dan karburising selama 2

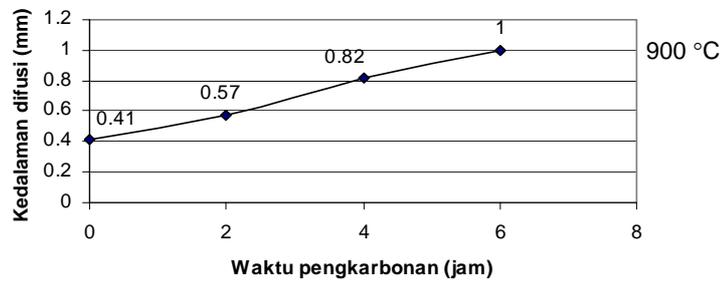
jam (257,5 kg/mm²) serta raw material dengan harga kekerasan (214,3 kg/mm²). Hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar6.



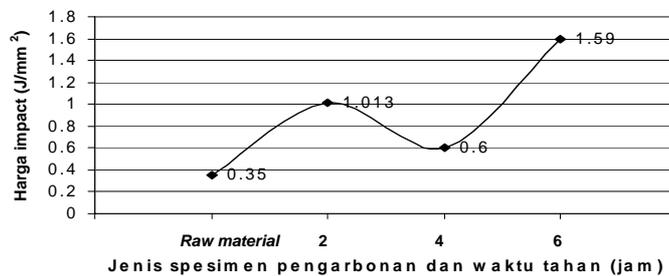
Gambar 6. Grafik hasil pengujian kekerasan material pengarbonan



Gambar 7. Grafik hasil pengujian kedalaman difusi material pengarbonan



Gambar 9. Grafik hasil difusi pengarbonan



Gambar 10. Grafik harga *impact* spesimen pengarbonan dengan waktu tahan

Pembahasan hasil pengujian *impact*

Dari pengujian *impact* pada baja karbon rendah yang sebelum dikarbonasi diperoleh harga keuletan rata-rata sebesar 0,350² Joule/mm², sedangkan pa-da baja setelah dikarbonasi harga keulet-an rata-ratanya sebesar 1,067 Joule/mm² kenaikan harga *impact* pada baja sesudah dikarbonasi dipengaruhi oleh perubahan kekerasan. Hal tersebut akan mempengaruhi harga keuletannya. Hasil pengujian *impact* selengkapnya dapat dilihat pada gambar 9.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil data penelitian dan hasil analisa serta pembahasan yang didapat, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Berdasarkan data dan grafik hasil pengujian kekerasan pada baja karbon rendah terdapat perubahan kekerasan, yaitu pada raw material (212,18 kg/mm²), kekerasannya naik pada proses karbu-rising 2 jam menjadi (257,5 kg/mm²), karburising 4 jam (273,1 kg/mm²) dan karburising 6 jam har-

ga kekerasannya tertinggi ($274,6 \text{ kg/mm}^2$).

Hasil pengamatan foto struktur mikro melalui microscope olympus photomicrographic system dihasilkan foto struktur mikro untuk raw material dan karburising sama terdapat ferit dan perlit, untuk yang dikarburising struktur mikronya, yaitu ferit yang berwarna putih, dan untuk perlit berwarna hitam. Semakin lama proses karburising, semakin banyak pula kandungan perlitnya yang mengakibatkan semakin tingginya tingkat kekerasan.

Dari pengujian *impact* pada baja karbon rendah yang sebelum dikarbonasi diperoleh harga keuletan rata-rata sebesar $0,350 \text{ Joule/mm}^2$, sedangkan pada baja setelah dikarbonasi harga keuletan rata-ratanya sebesar $1,067 \text{ Joule/mm}^2$ kenaikan harga *impact* pada baja sesudah dikarbonasi dipengaruhi oleh perubahan kekerasan. Hal tersebut mempengaruhi harga keuletannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawan, A. S., 2001, *Bahan Kuliah Pemilihan Bahan dan Proses*, UMS, Surakarta.
- George Zainal Haddy, 1992, *Pengetahuan Tentang Bahan Peleburan*, YDBA & BBLM.
- Sudihono, 1995, *Teknologi Besi Tuang Kelabu*, Politeknik Manufaktur ITB, Bandung.
- Surdia T., Chijiwa, K., 1991, *Teknik Pengecoran Logam*, cetakan keenam, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vliet, G.L, J. Van, 1984, *Teknologi untuk Bangunan Mesin Bahan-bahan I*, Erlangga, Jakarta.

