

PERKEMBANGAN CACAT RONGGA PADA PROSES EKSTRUSI

Tri Widodo Besar Riyadi

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

JL.A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

E-mail: tri_wbr@yahoo.com

ABSTRACT

Cavity defect occurs in an extruded product when the remaining billet reaches a certain thickness. This defect can create serious problem in the quality of products because it produces waste material and requires an extra operation for finishing. The requirement of wasting a certain portion of the product becomes undesirable especially for a relatively short, headed product. Since the occurrence of this defect is troublesome in industrial practice, it is important to study the conditions leading to the cavity formation. By using this prediction, it may be possible to stop the process before the cavity starts to develop. In this work, a new measuring technique to monitor the development of cavity defect in forward extrusion was studied. This technique uses electrical contact principle, which detects the contact between metal pins and the leading face of the billet. When the cavity develops, a void or gap between the punch and the billet interface develops, and breaks the electrical current of the circuit. The experiment of extrusion process was undertaken in parallel with a finite element analysis (FEA) using ABAQUS software. It was shown that at a certain distance the cavity defect was revealed. In this work, the cavity formation was investigated by a variation of die reduction. The influence of coefficient of friction, punch speed, and billet thickness was also observed. This study concentrated on improving the understanding of the behavior of metal flow and the development mechanism of cavity formation with the aim of providing general guidance for the extrusion industry in minimizing the cavity defect formation of the extruded product.

Keywords: Cavity defect, Forward extrusion, Measuring technique, Finite Element Analysis

PENDAHULUAN

Cacat rongga terjadi pada produk ekstrusi ketika benda kerja mencapai sisa ketebalan tertentu pada bagian belakang atau kepalanya. Cacat ini dapat menimbulkan masalah yang serius terutama karena menurunkan kualitas produk, yaitu menghasilkan produk yang tak sempurna sehingga memerlukan ekstra operasi penyelesaian akhir (*finishing*). Kebutuhan untuk membuang lagi sebagian produk menjadi hal yang tak diinginkan khususnya

untuk komponen produk dengan kepala pendek, seperti katup motor. Karena kejadian cacat ini menjadi masalah di industri, maka penelitian terhadap kondisi yang menyebabkan terjadinya cacat rongga ini dirasakan cukup penting. Pemantauan terhadap terjadinya cacat rongga selanjutnya akan sangat bermanfaat untuk mempelajari dan memprediksi pembentukan cacat rongga. Dengan prediksi ini, maka dimungkinkan untuk menghentikan proses ekstrusi sebelum cacat rongga terjadi dan

berkembang. Penelitian ini juga menarik karena dapat meningkatkan pemahaman tentang pola aliran material selama terdeformasi pada saat proses ekstrusi. Lebih dari itu, pengetahuan tentang karakteristik cacat pada produk ekstrusi juga sangat penting untuk keperluan perancangan *dies* dan pemilihan proses yang efektif. Dari sisi pemasaran, jika produk yang dihasilkan mempunyai kualitas tinggi dengan kemungkinan kandungan cacat yang minimal atau bahkan sama sekali tidak terjadi cacat, dalam hal ini berbentuk rongga, maka produsen (*manufacturer*) dapat mempertahankan jaminan kualitas produksi guna meraih minat konsumen sehingga bisa tetap bertahan dalam persaingan bebas yang sangat kompetitif.

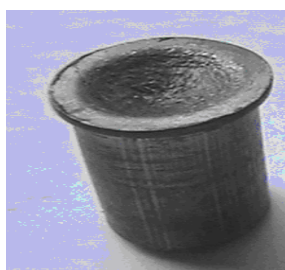
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perkembangan terjadinya cacat rongga (*cavity defect*) yang biasanya terjadi pada bidang belakang komponen produk ekstrusi. Penelitian dilakukan dengan cara pemodelan fisik, dengan alat sensor arus listrik yang berupa pin kontak, dan dengan Metode Elemen Hingga yang menggunakan software ABAQUS. Pengukuran dengan pin kontak dilakukan untuk mengetahui perkembangan pembentukan cacat rongga (*cavity*) mulai dari awal terbentuknya rongga sampai proses ekstrusi berhenti. Awal terbentuknya cacat rongga disebut sebagai ketebalan kritis dimana proses harus dihentikan di atas margin aman jika tidak menginginkan terbentuknya produk yang cacat. Variabel pokok yang diamati dalam penelitian ini adalah pengaruh reduksi *dies* terhadap perkembangan rongga. Dengan simulasi ABAQUS, penelitian diperluas lagi untuk menyelidiki pengaruh kecepatan penekanan, koefisien gesek, dan ketebalan benda mula-mula. Pemodelan fisik ditujukan terutama untuk mengamati pola aliran material selama ter-ekstrusi sehingga terbentuk cacat rongga.

TINJAUAN PUSTAKA

Cacat rongga (*cavity defect*) seperti terlihat pada gambar 1 telah menjadi subyek penelitian eksperimen oleh beberapa peneliti sebagaimana dilaporkan oleh Johnson (1995) yang mempelajari pembentukan rongga dengan menggunakan sebuah penekan yang diruncingkan guna mempermudah pola aliran material. Menurut Johnson, terdapat hubungan antara pembentukan rongga dengan gaya penekan. Ditemukan juga bahwa, ketika titik pembentukan rongga terjadi, beban tekanan menurun secara cepat. Tekanan tidak bekerja pada keseluruhan bidang penekan dikarenakan terbentuknya rongga.

Atkinson (1972) juga menyelidiki fenomena cacat rongga pada ekstrusi. Penekan cekung dan cembung digunakan dalam pengamatan ini untuk menguji efek sudut penekan berprofil pada benda kerja pada permulaan pembentukan rongga. Pada hasil eksperimen ini, ditemukan bahwa penekan cekung paling unggul untuk menekan permulaan terjadinya rongga dan pelipatan bagian belakang benda. Atkinson juga menggunakan teknik interupsi penekanan untuk menyelidiki perkembangan cacat rongga pada benda kerja silindris. Ketebalan sisa yang bervariasi serta bentuk-bentuk rongga diperoleh dengan menghentikan gerakan penekan pada posisi yang berbeda. Permulaan pembentukan rongga saat ketebalan benda kerja kritis selanjutnya diprediksi dengan ekstrapolasi.

Pemodelan tiga dimensi dengan simulasi untuk mengetahui bentuk cacat rongga juga pernah dilakukan oleh Li (2001). Hasil bentuk cacat rongga yang dihasilkan dalam penelitian ini masih belum sempurna karena bentuk rongga belum silindris.



Gambar 1. Cacat rongga produk ekstrusi



Gambar 2. Pola aliran dan bentuk cacat rongga (a) Hasil eksperimen, (b) Hasil simulasi.

METODOLOGI PENELITIAN

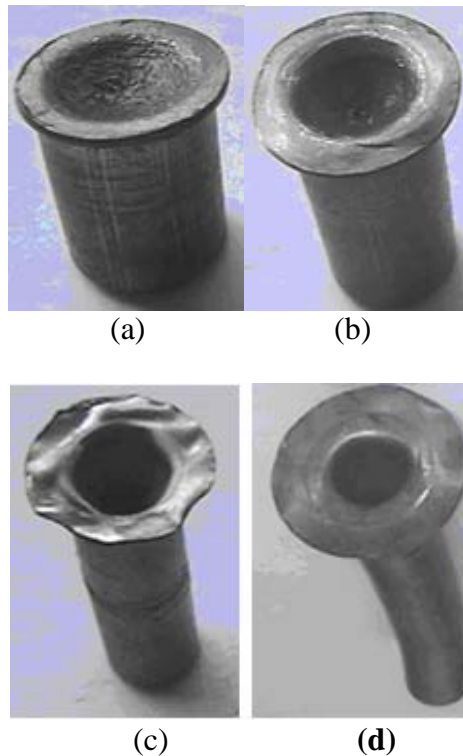
Penelitian dilakukan dengan dua jenis spesimen yaitu padat utuh silindris dan dibelah simetri vertikal, semua bahan dari timbal dengan diameter 25.4 mm dan panjang 20.0 mm. Meskipun timbal kurang sensitif terhadap regangan pada suhu kamar, perlakuan panas (*annealing*) diperlukan untuk memperoleh ukuran butiran yang halus. Pada penelitian ini, seluruh spesimen di-*annealing* dengan meletakkan spesimen di dalam air panas (100°C) selama kira-kira 20 menit. Empat *dies* digunakan masing-masing berdiameter 22, 19, 16, dan 13 mm. Reduksi yang diperoleh dari ke-empat *dies* ini adalah 0.25, 0.44, 0.60, dan 0.74. Penekan (*punch*) yang dibutuhkan pada penelitian ini juga ada dua macam yaitu *hollow punch* dan padat. Sirkuit peralatan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran gambar 8.

Pemodelan dengan simulasi ABAQUS dilakukan dengan benda silinder dengan ukuran dan *property* yang sama dengan yang diperoleh dari eksperimen, dimana sifat plastisitas benda diambil dari data uji tekan. Benda uji dianggap *axisymmetric*

deformable, sedangkan *dies*, kontainer dan *punch* dimodelkan sebagai *analytical rigid surfaces*. Pada pengujian pertama, semua permukaan kontak dianggap dipelumasi dengan baik (*frictionless*). Penelitian selanjutnya dilakukan dengan memberikan *penalty* pada koefisien gesek semua permukaan yang kontak. Langkah penekanan dilakukan dengan memberikan variasi kecepatan pada *punch* yang bergerak ke arah benda uji. Untuk mengatasi distorsi yang berlebihan maka digunakan *adaptive meshing*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 2 menunjukkan perbandingan pola aliran material hasil eksperimen dan simulasi yang terjadi pada material dengan reduksi 0.25. Perubahan pola garis menunjukkan adanya deformasi pada benda kerja setelah mengalami penekanan. Deformasi yang terjadi menunjukkan distribusi regangan dari benda kerja saat mengalami tekanan. Hasil eksperimen dan simulasi untuk semua reduksi menunjukkan adanya kemiripan bentuk cacat rongga yang terjadi setelah benda di-ekstrusi.



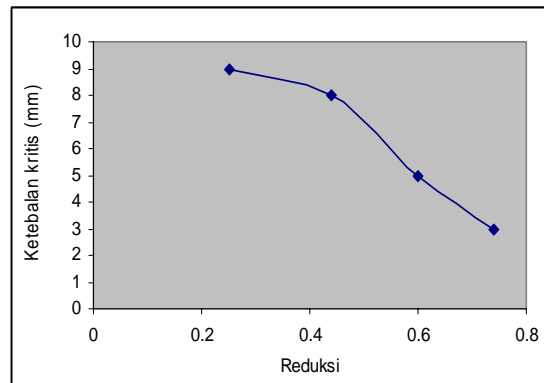
Gambar 3. Cacat rongga benda uji padat (a). $D = 22$ mm, (b). $D = 19$ mm, (c). $D = 16$ mm, (d). $D = 13$ mm [$D =$ diameter dies]

Gambar 3 menunjukkan bentuk cacat rongga yang terjadi pada produk benda utuh hasil ekstrusi. Empat dies digunakan untuk mengamati pengaruh reduksi terhadap perkembangan terjadinya cacat rongga. Pengamatan perkembangan rongga dimonitor dengan menggunakan sensor elektronik yang berupa pin bermuatan arus listrik yang dihubungkan dengan sumber arus searah. Perkembangan rongga dapat dideteksi oleh pin ketika arus yang melewati benda kerja dan bersentuhan dengan pin terputus. Sinyal putusnya arus pada penelitian kali ini ditandai dengan matinya lampu indikator.

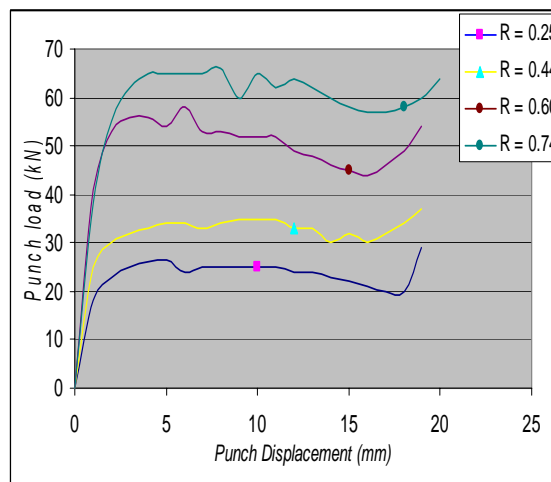
Perkembangan Cacat Rongga

Cacat rongga pada produk ekstrusi akan berkembang ke arah radial (makin luas) dan ke arah aksial (makin dalam). Pengamatan

terhadap perkembangan cacat rongga pada penelitian ini meliputi perkembangan mula-mula atau awal terjadinya rongga, perkembangan kedalaman rongga dan perkembangan jari-jari rongga. Perbandingan akan dilakukan terhadap hasil dari ketiga metode yang digunakan yang meliputi pemodelan fisik, numerik dan penggunaan alat sensor arus listrik. Hasil perkembangan jari-jari rongga yang dimonitor oleh alat dengan sensor arus listrik dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara ketebalan kritis terhadap perubahan reduksi penampang *dies*, dimana dengan kenaikan reduksi, ketebalan kritis makin turun.



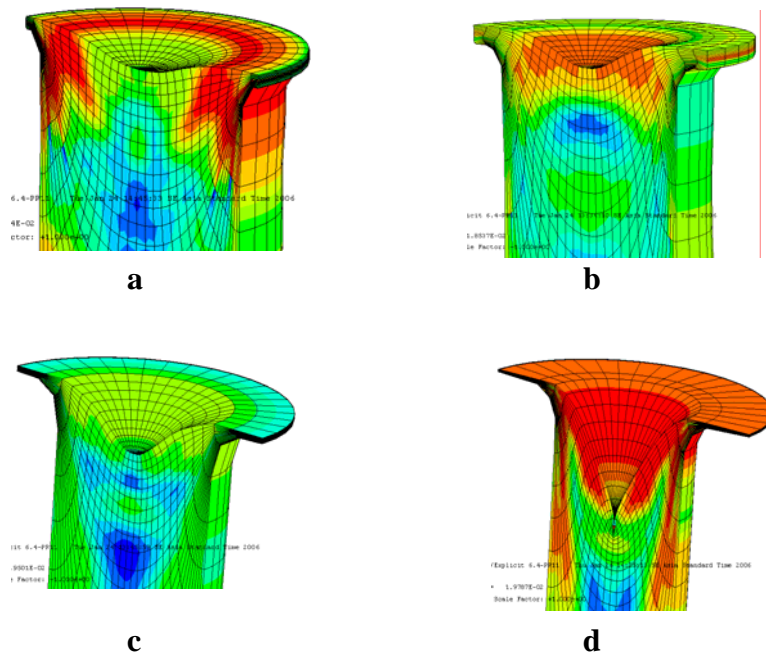
Gambar 4. Hubungan ketebalan kritis benda terhadap reduksi



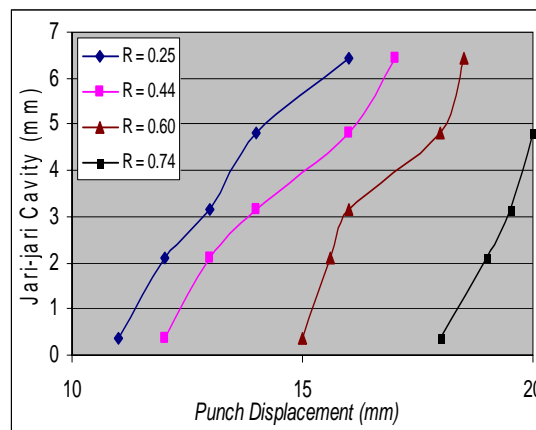
Gambar 5. Hubungan perkembangan terjadinya rongga dengan proses penekanan

Gambar 5 berikut ini menunjukkan perkembangan ukuran rongga mulai dari permulaan dan perkembangan pembentukan rongga, dan hubungannya terhadap beban penekanan (*punch load*) dan pergerakan penekan (*punch displacement*) untuk empat reduksi yang bervariasi. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa semakin besar reduksi maka awal terjadinya cacat rongga semakin menurun. Makin kecil reduksi maka cacat rongga akan makin cepat terjadi. Hal lain yang terlihat adalah bahwa awal terbentuknya rongga terjadi berangsur antara daerah akhir fase tunak (*steady-state*) dan fase tak tunak (*unsteady state*). Pada reduksi yang kecil, rongga terjadi lebih awal, masih di daerah *steady state*.

Sedangkan pada benda uji dengan reduksi besar, rongga terjadi pada daerah *unsteady state*. Gambar 6 menunjukkan hasil yang diperoleh dari hasil simulasi terhadap bentuk cacat rongga yang terjadi pada benda uji selama mengalami proses ekstrusi. Dari gambar 6 dapat diketahui bahwa perkembangan awal terjadinya cacat rongga sangat dipengaruhi oleh ukuran diameter *dies*, dimana semakin besar ukuran diameter suatu *dies* maka cacat rongga yang terbentuk semakin cepat dan semakin lebar, tapi kedalaman rongga pendek, dan semakin kecil ukuran diameter suatu *dies* maka rongga yang terbentuk semakin lambat dan semakin sempit, tapi kedalaman rongga panjang.



Gambar 6. Pengaruh reduksi pada cacat rongga
 (a). $R = 0.25$, (b). $R = 0.44$, (c). $R = 0.60$, (d). $R = 0.74$



Gambar 7. Grafik perkembangan jari-jari rongga terhadap langkah penekanan

Perkembangan Jari-Jari Rongga

Gambar 7 menunjukkan grafik perkembangan jari-jari rongga yang terjadi pada material selama proses ekstrusi pada reduksi yang bervariasi. Grafik ini diperoleh dari penelitian yang menggunakan alat pin sebagai sensor arus listrik. Dari gambar dapat dilihat bahwa perkembangan jari-jari rongga untuk semua

reduksi menunjukkan kecenderungan yang hampir sama, yaitu perkembangan jari-jari berjalan hampir lurus atau linier seperti juga ditunjukkan oleh kemiringan kurva.

Pengaruh Koefisien Gesekan

Penelitian terhadap pengaruh koefisien gesek terhadap bentuk cacat rongga dilakukan dengan menggunakan lima nilai

perbedaan koefisien gesekan masing-masing 0.0, 0.1, 0.3, 0.5, dan 0.9 dengan menggunakan *dies* dengan reduksi 0.25. Hasil penelitian dengan simulasi tentang pengaruh gesekan pada pembentukan cacat rongga menunjukkan bahwa semakin kecil koefisien gesekan maka akan lebih mudah menghasilkan cacat rongga.

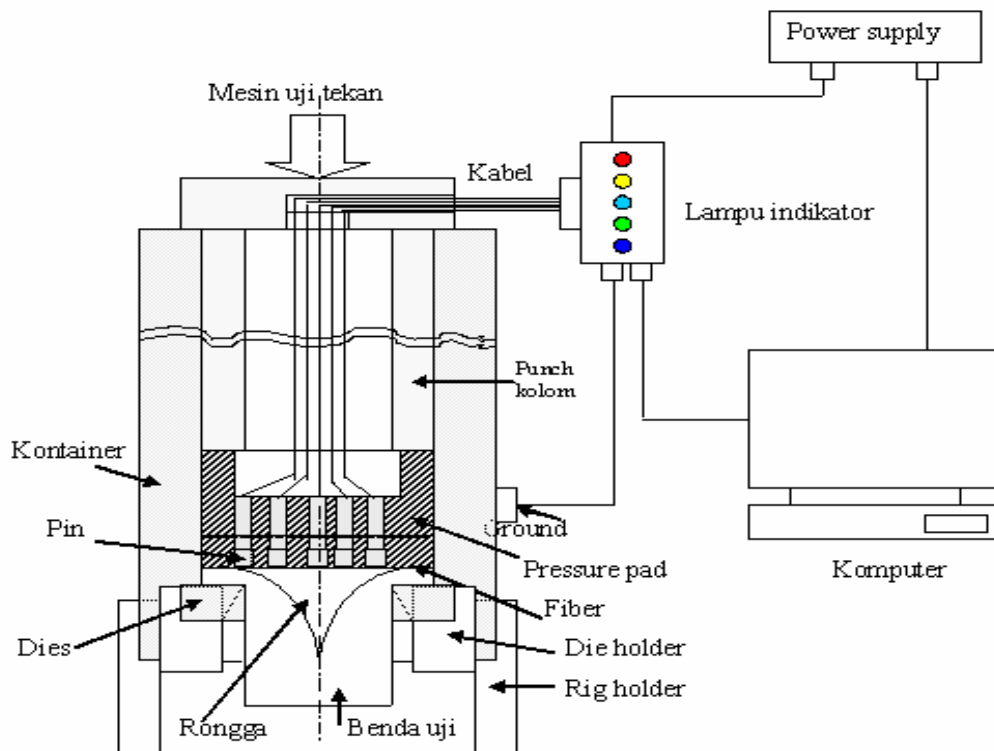
Pengaruh Kecepatan Penekanan

Penelitian terhadap pengaruh kecepatan penekanan terhadap bentuk rongga dilakukan dengan menggunakan empat nilai perbedaan kecepatan penekanan masing-masing sebesar 0.8, 1.0, 1.2, dan 1.4 m/s, dan dilakukan dengan menggunakan *dies* dengan reduksi 0.44. Hasil penelitian dengan simulasi terhadap pengaruh kecepatan penekanan pada bentuk rongga menunjukkan bahwa pengaruh perbedaan kecepatan penekanan terhadap bentuk

rongga cukup signifikan. Bentuk cacat rongga yang terjadi pada benda uji yang ditekan dengan kecepatan lebih rendah cenderung menghasilkan rongga yang lebih besar. Penemuan ini sesuai dengan teori yang menyebutkan bahwa semakin cepat *strain rate* maka benda akan makin keras.

Pengaruh Ketebalan Benda Kerja

Penelitian pengaruh ketebalan benda uji pada bentuk rongga yang terjadi setelah mengalami proses ekstrusi dilakukan dengan menggunakan benda uji yang mempunyai ketebalan berbeda masing-masing sebesar 15, 20, 25, dan 30 mm, dan dilakukan dengan menggunakan *dies* dengan reduksi 0.44. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketebalan benda dapat dikatakan kurang mempunyai pengaruh yang besar pada bentuk cacat rongga.



Gambar. 8. Peralatan pengujian dengan pin kontak

KESIMPULAN

1. Bentuk cacat rongga hasil eksperimen memberikan hasil yang sama dengan simulasi Perkembangan rongga dapat dideteksi oleh pin ketika arus yang melewati benda kerja dan bersentuhan dengan pin terputus.
2. Pengujian telah berhasil memperoleh karakteristik proses deformasi pada proses ekstrusi, yaitu zona *steady-state*, zona *unsteady-state*, dan *dead metal zone*.
3. Perkembangan cacat rongga pada proses ekstrusi telah diteliti. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa perkembangan cacat rongga dipengaruhi oleh reduksi benda uji, koefisien gesekan antar benda uji dan bidang yang kontak dengan benda uji, kecepatan penekanan. Sebaliknya perkembangan cacat rongga kurang terpengaruh oleh perubahan ketebalan benda uji mula-mula.
4. Pemodelan fisik dapat memberikan informasi yang rinci tentang bagaimana cara material mengalir dalam sebuah cetakan/*dies*.
5. Penelitian ini telah memperlihatkan bagaimana pemodelan fisik dan numerik (ABAQUS) memberikan hasil bentuk cacat rongga yang hampir sama.
6. Simulasi ABAQUS memungkinkan untuk memodelkan konstruksi 3 dimensi yang rumit dengan model yang lebih sederhana dengan mempertahankan kondisi tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Johnson, W., 1955, *Further Experiments in Plane Strain Extrusion*, B.I.S.R.A. Reports MW/E/49/55.
- Atkinson, J., 1972, *An Investigation of the Coring Defect during Forward Extrusion of Lead*, M.Sc Dissertation, Mechanical Engineering Department, UMIST.
- G. Li, dkk, 2001, *Recent development and applications of three-dimensional finite element modeling in bulk forming processes*, J. of Material Processing Technology 113, 40-45.
- Tri Widodo Besar Riyadi, 2004, *Characterization of Cavity Defect Forward Extrusion*, MSc Dissertation, UMIST, UK.
- Serope Kalpakjian, dan Steven R. Schmid, 2003, *Manufacturing Process for Engineering Material*, p.23, Pearson Education, Inc., Prentice Hall.

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN BATUBARA DAN SABUT KELAPA

Amin Sulistyanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl.A.Yani Tromol Pos1 Pabelan Kartasura

ABSTRAK

Potensi biomass sabut kelapa sebagai sumber energi alternatif sedemikian melimpah, namun belum terolah sepenuhnya. Tujuan penelitian ini adalah menguji karakteristik pembakaran biobriket campuran batubara dengan sabut kelapa perbandingan batubara : biomass : 10% : 90%, 20% : 80%, 30% : 70%. Penelitian awal dilakukan dengan pengujian proximate bahan baku meliputi kadar air, nilai kalor, kadar abu, volatile matter dan kadar karbon. Selanjutnya dilakukan pembuatan biobriket dengan pencampuran bahan baku batu bara, sabut kelapa, lime stone dengan perekat pati kanji dengan pengepresan tekanan 100 kg/cm². Pengujian karakteristik pembakaran dilakukan dengan alat uji pembakaran di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta untuk mengetahui besarnya laju pengurangan massa dengan kecepatan udara konstan. Pengujian emisi polutan hasil pembakaran dilakukan di Laboratorium Dinas Perhubungan Rembang. Berdasarkan percobaan dan parameter yang telah di uji, penambahan biomass menyebabkan naiknya volatile matter sehingga lebih cepat terbakar dan laju pembakaran lebih cepat. Penambahan biomass juga dapat menurunkan emisi polutan yang dihasilkan pada saat pembakaran. Komposisi biobriket terbaik yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari adalah komposisi batubara : biomass = 10% : 90% karena lebih cepat terbakar dan lebih ramah lingkungan, sedangkan untuk kebutuhan industri, komposisi terbaik dengan pencapaian temperatur tertinggi adalah komposisi batubara : biomass = 30% : 70%.

Kata kunci : Sabut kelapa, biobriket, karakteristik pembakaran , polutan.

PENDAHULUAN

Tingkat pemakaian bahan bakar terutama bahan bakar fosil di dunia semakin meningkat seiring dengan semakin bertambahnya populasi manusia dan meningkatnya laju industri di berbagai negara di dunia. Hal tersebut menimbulkan kekhawatiran akan terjadinya krisis bahan bakar. Di samping itu kesadaran manusia akan lingkungan semakin tinggi sehingga muncul kekhawatiran meningkatnya laju

pencemaran lingkungan terutama polusi udara yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut, sehingga muncul sebuah pemikiran penggunaan energi alternatif yang bersih.

Beberapa jenis sumber energi alternatif yang bisa dikembangkan antara lain : energi matahari, energi angin, energi panas bumi, energi panas laut (OTEC) dan energi biomassa. Diantara sumber-sumber energi alternatif tersebut, energi biomass

merupakan sumber energi alternatif yang perlu mendapat prioritas dalam pengembangannya dibandingkan dengan sumber energi yang lain. Di sisi lain, Indonesia sebagai negara agraris banyak menghasilkan limbah pertanian yang kurang termanfaatkan. Limbah pertanian yang merupakan biomass tersebut merupakan sumber energi alternatif yang melimpah, dengan kandungan energi yang relatif besar. Limbah pertanian tersebut apabila diolah bersama-sama dengan batu bara dan zat pengikat polutan akan menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang lebih luas penggunaannya sebagai bahan bakar alternatif yang di sebut biobriket.

Di samping itu sumber energi biomassa mempunyai keuntungan pemanfaatan (Syafii, 2003) antara lain :

1. Sumber energi ini dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang *renewable resources*.
2. Sumber energi ini relatif tidak mengandung unsur sulfur sehingga tidak menyebabkan polusi udara sebagaimana yang terjadi pada bahan bakar fosil.
3. Pemanfaatan energi biomassa juga meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah pertanian.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka peneliti melakukan penelitian tentang pengolahan limbah pertanian (dalam penelitian ini peneliti memanfaatkan limbah pertanian berupa sabut kelapa) menjadi biobriket sebagai salah satu bahan bakar alternatif.

Dalam makalah ini akan dilakukan pembahasan mengenai pengaruh variasi komposisi biobriket terhadap laju pengurangan massa pada proses pembakaran biobriket serta dampak polutan yang dihasilkan dari proses pembakaran biobriket terhadap lingkungan.

Adapun biomass yang digunakan dalam penelitian ini adalah sabut kelapa dengan

pertimbangan murah, mudah didapatkan dan belum termanfaatkan maksimal.

TINJAUAN PUSTAKA

Tahapan dalam pembakaran bahan bakar padat adalah sebagai berikut :

1. Pengerinan

Dalam proses ini bahan bakar mengalami proses kenaikan temperatur yang akan mengakibatkan menguapnya kadar air yang berada pada permukaan bahan bakar tersebut, sedangkan untuk kadar air yang berada di dalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar padat tersebut.

2. Devolatilisasi

Yaitu proses bahan bakar mulai mengalami dekomposisi setelah terjadi pengerinan.

3. Pembakaran Arang

Sisa dari pirolisis adalah arang (*fix carbon*) dan sedikit abu, kemudian partikel bahan bakar mengalami tahapan oksidasi arang yang memerlukan 70%-80% dari total waktu pembakaran.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain :

1. Ukuran partikel

Partikel yang lebih kecil ukurannya akan lebih cepat terbakar.

2. Kecepatan aliran udara

Laju pembakaran biobriket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur

3. Jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.

4. Temperatur udara pembakaran

Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

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

a. Kadar air

- Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran.
- b. Kadar kalori
Semakin besar nilai kalor maka kecepatan pembakaran semakin lambat.
 - c. Kadar abu
Kadar abu yang tinggi didalam batubara tidak mempengaruhi proses pembakaran. Kadar abu yang tinggi dalam batubara akan mempersulit penyalaan batubara.
 - d. *Volatile matter* atau zat-zat yang mudah menguap
Semakin banyak kandungan volatile matter pada biobriket maka semakin mudah biobriket untuk terbakar dan menyala.
 - e. *Bulk density*
Sabut kelapa mempunyai *bulk density* yang jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan batubara.

Jenis Polutan Yang Dihasilkan Pada Pembakaran Bahan Bakar

Secara teoritis pembakaran bahan bakar menghasilkan CO₂ dan H₂O saja, padahal kenyataannya pembakaran pada bahan bakar banyak yang tidak sempurna dimana akan menimbulkan zat-zat polutan yang berbahaya terhadap kesehatan manusia. Adapun beberapa polutan dari bahan bakar antara lain : Sulfur Dioksida (SO_x), Carbon Monoksida (CO), Oksida nitrogen (NO_x), Oksidan (O₃), Hidrokarbon (HC), Klorin (Cl₂), Partikel Debu, Timah Hitam (Pb), Besi (Fe).

Sabut Kelapa

Sabut kelapa merupakan bagian dari kelapa yang termasuk dalam familia palmae. Sabut kelapa merupakan bagian yang cukup banyak dari buah kelapa, yaitu kurang lebih 35% dari berat keseluruhan buah.

Perekat Pati

Perekat pati dikelompokkan sebagai perekat alam dengan perekat dasar karbo-

hidrat. Keuntungan penggunaan perekat pati antara lain : harga lebih murah, mudah pemakaiannya, dapat menghasilkan kekuatan rekat kering yang tinggi. Selain itu perekat pati juga memiliki kelemahan seperti : ketahanan terhadap air yang rendah untuk perekatan awal sehingga bersifat sementara (dalam kayu lapis), mudah diserang jamur, bakteri, dan binatang pemakan pati.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 1. Secara terperinci diagram tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut; Pengumpulan Dan Pengolahan Bahan Baku

1. Bahan Penelitian

- Batubara kualitas rendah (*lignite*) yang masih asli dan belum mengalami proses pengolahan.
- Sabut kelapa
- Bahan perekat yaitu tepung pati
- Batu kapur (*limestone*) sebagai bahan pengikat polutan
- Gas LPG, sebagai bahan bakar untuk memanaskan tungku pada proses pembakaran biobriket.

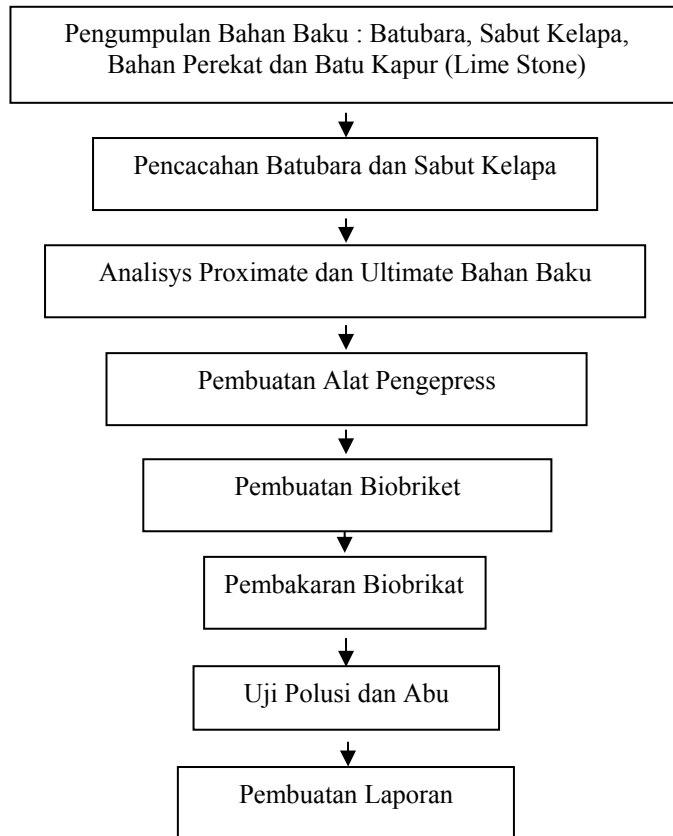
2. Pengolahan Bahan Baku

- Penghalusan batubara menjadi serbuk
- Pencacahan sabut kelapa menjadi serbuk
- Pembuatan bahan perekat

Pembuatan Biobriket

- Pencampuran bahan baku

Batu bara, sabut kelapa, bahan perekat dan *lime stone* dicampur hingga rata dengan komposisi batu bara : sabut kelapa = 10% : 90%, 20% : 80%, 30% : 70%. (dalam hal ini prosentase bahan perekat dan *limestone* diabaikan dan dianggap homogen)

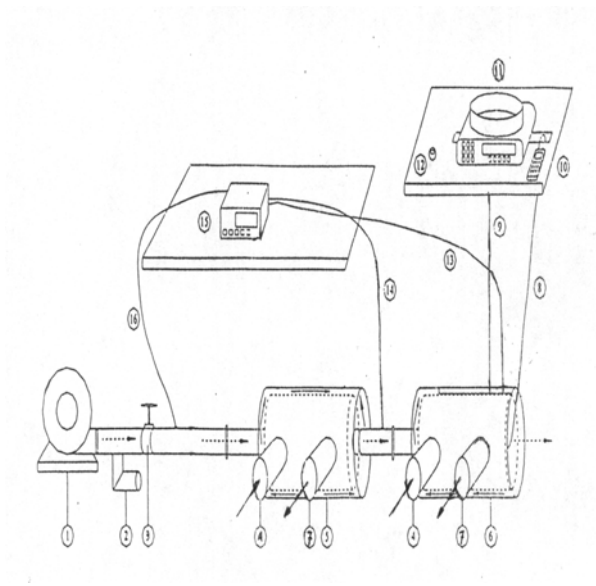


Gambar 1. Flowchart penelitian

- Pencetakan biobriket
Bahan baku yang telah tercampur rata dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder dengan diameter 1,5 cm dan tinggi 1,75 cm.
- Pengepresan
Setelah bahan baku dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dilakukan pengepresan dengan tekanan 100 kg/cm² 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. Bentuk biobriket yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2

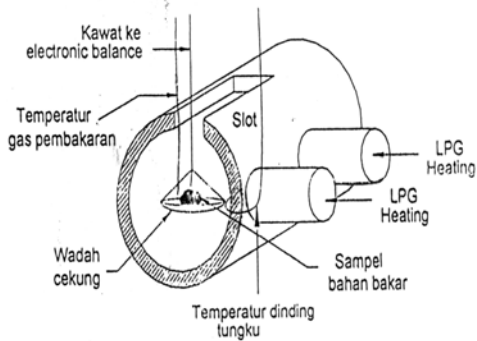


Gambar 2. Bentuk biobriket



- 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 bahan bakar
 - 10. Digital thermocouple reader
 - 11. Electronic professional scale
 - 12. Stop wacth
 - 13. Termokopel temperatur gas pembakaran
 - 14. Termokopel temperatur udara pre-heater
 - 15. Digital thermocouple reader
 - 16. Termokopel temperatur udara supply

Gambar 3. Sketsa alat uji



Gambar 4. Tempat Pembakaran biobriket



Gambar 5. Alat pengepress biobriket



Gambar 6. Alat pencetak batubara

Peralatan Yang Digunakan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdapat di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

- Alat Pembakaran Biobriket
Alat ini dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4.
- Alat Pengepress biobriket
Alat pengepress biobriket dibuat dengan cara memodifikasi dongkrak hidrolik yang bertekanan maksimal 2 ton dengan diameter 22 mm dan dipasang manometer pada saluran pembuangan udara dongkrak yang berfungsi untuk mengukur tekanan pada saat pengepresan. Selengkapnya alat dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.

HASIL DAN PEMBAHASAN

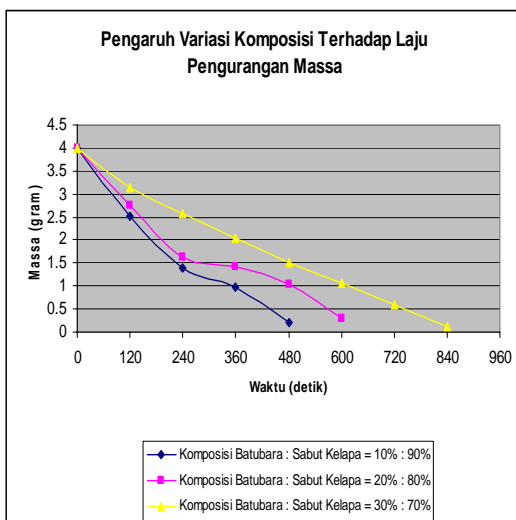
Hasil pengujian sifat dan bahan dasar dapat ditunjukkan pada tabel 1

Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Laju Pengurangan Massa Pada Pembakaran Biobriket (Batubara : Sabut Kelapa = 10% : 90%, 20% : 80%, 30% : 70%)

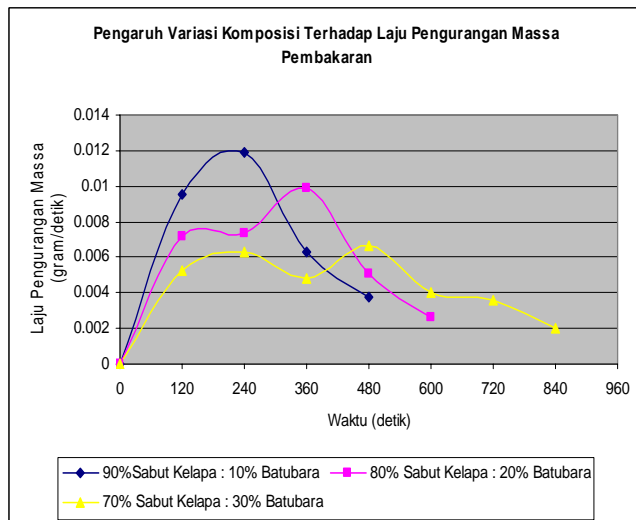
Gambar 7 dan 8 menunjukkan laju pembakaran paling cepat adalah pada komposisi 90% sabut kelapa : 10% batubara, hal ini dipengaruhi oleh kandungan *volatile matter* biobriket. Semakin banyak kandungan *volatile matter* maka semakin mudah untuk terbakar dan menyala.

Tabel 1. Sifat-sifat bahan dasar

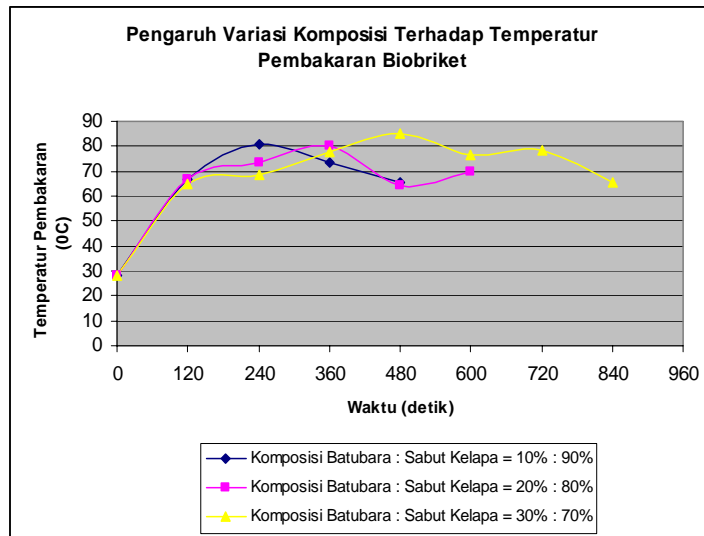
Sifat	Batu Bara Lignite	Sabut Kelapa
Kadar air (%)	14,31	2,45
Kadar Abu (%)	2,02	1,34
Kadar Karbon (%)	69,53	21,62
Volatile Matter (%)	14,14	74,59
Nilai Kalor (Kal/Kg)	5289,395	3942,751



Gambar 7. Grafik pengurangan massa



Gambar 8. Grafik laju pengurangan massa



Gambar 9. Grafik temperature pembakaran

Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Pembakaran Biobriket (Batubara : Sabut Kelapa = 10% : 90%, 20% : 80%, 30% : 70%)

Gambar 9 dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran tertinggi terjadi pada proses pembakaran biobriket dengan komposisi 70% sabut kelapa : 30% batubara, hal ini dipengaruhi oleh kandungan nilai kalor biobriket. Namun pencapaian suhu optimumnya cukup lama. Semakin besar berat

jenis bahan bakar maka laju pembakaran akan semakin lama.

Polutan Pembakaran Bahan Bakar

Dari tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase biomass pada biobriket maka kandungan emisi polutan HC, CO dan NO_x semakin berkurang. Dari ketiga variasi komposisi tersebut dapat disimpulkan bahwa biobriket yang paling rendah polutannya adalah biobriket dengan komposisi sabut kelapa : 10% batubara.

Tabel 2. Polutan pembakaran biobriket

Komposisi Batubara : Sabut Kelapa	Jenis Polutan		
	HC (%)	CO (%)	NO _x (%)
10% : 90%	0.00010	0.0032	0.0040
20% : 80%	0.00012	0.0036	0.0041
30% : 70%	0.00014	0.0040	0.0044

KESIMPULAN

1. Laju pembakaran biobriket paling cepat adalah pada komposisi 90% sabut kelapa : 10 % batubara. Hal ini

dipengaruhi oleh kandungan *volatile matter* yang terdapat pada biobriket. Semakin banyak kandungan *volatile matter* suatu biobriket maka semakin

2. mudah biobriket tersebut terbakar, sehingga laju pembakaran semakin cepat.
3. Biobriket dengan tingkat polusi terendah adalah pada komposisi 90% sabut kelapa : 10 % batubara. Semakin banyak kandungan karbon suatu biobriket maka semakin banyak polutan CO yang terjadi, semakin banyak kandungan biomass sabut kelapa pada biobriket akan menurunkan emisi polutan HC.
4. Penggunaan biobriket untuk kebutuhan sehari-hari sebaiknya digunakan biobriket dengan perbandingan komposisi 90% sabut kelapa : 10% sabut kelapa, karena tingkat polusinya paling rendah, pencapaian suhu optimum paling cepat dan pada kenyataannya pada pembakaran sehari – hari tidak digunakan blower sebagai penyuplai udara, suplai udara hanya berasal dari udara alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Antolin,G.,Velasco,E.,Irusta,R.,Segovia,J.J.,1991, *Combustion of Coffe Lignocellulose Waste, Proceedings of First Internasional Conference*, Vilamoura, Portugal.
- Naruse,I.,Gani,A.,Morishita,K.,2001,*Fundamental Characteristic on Co-Combustion of Low Rank Coal with Biomass*,Pittsburg.
- Sudradjat, R., 2001, *The Potensial of Biomass Energy Resources in Indonesia for the Possible Development of Clean Technology Process (CPT)*, Jakarta..
- Joko, S., 2005, *Pengolahan Sampah Kota menjadi biobriket sebagai salah satu bahan bakar alternatif*, UMS.
- Samsul, M., 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.

PENGARUH PANJANG SERAT TERHADAP KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT ENCENG GONDOK DENGAN MATRIKS POLIESTER

Pramuko I Purboputro

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

ABSTRAK

Pemanfaatan material komposit pada saat ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sektor industri. Penelitian komposit diperkuat serat enceng gondok ini bertujuan mengetahui kekuatan tarik, kekuatan impak, kekuatan bending komposit serat enceng gondok dengan panjang 25 mm, 50 mm dan 100 mm dengan fraksi volume 80% matrik polyester dan 20% serat enceng gondok. Dari hasil pengujian didapat harga kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh komposit dengan panjang serat 100 mm yaitu 11,02 MPa, dengan modulus elastisitas 11023,33 MPa, Harga impak tertinggi dimiliki oleh komposit dengan panjang serat 50 mm yaitu 0,002344 J/mm².

Kata Kunci : Serat Enceng Gondok, Panjang Serat, Kekuatan Impak.

PENADAHULUAN

Penggunaan dan pemanfaatan material komposit dewasa ini semakin berkembang, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan tersebut yang semakin meluas mulai dari yang sederhana seperti alat-alat rumah tangga sampai sektor industri baik industri skala kecil maupun industri skala besar. Komposit mempunyai keunggulan tersendiri dibandingkan dengan bahan teknik alternative lain seperti kuat, ringan, tahan korosi, ekonomis dsb.

Serat enceng gondok merupakan salah satu material *natural fibre* alternatif dalam pembuatan komposit secara ilmiah pemanfaatannya masih dikembangkan, karena belum ditemukan material komposit yang menggunakan serat enceng gondok. Serat enceng gondok sekarang banyak digunakan dalam industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga karena selain mudah didapat, murah, dapat mengurangi

polusi lingkungan (*biodegradability*) sehingga komposit ini mampu mengatasi permasalahan lingkungan, serta tidak membahayakan kesehatan. Pengembangan serat enceng gondok sebagai material komposit ini sangat dimaklumi mengingat dari segi ketersediaan bahan baku serat alam, Indonesia memiliki bahan baku yang cukup melimpah.

Dari pertimbangan-pertimbangan diatas maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data kemampuan mekanis dan fisis berupa kekuatan tarik, kekuatan *bending*, dan kekuatan *impack* dari komposit serat enceng gondok dengan matrik resin *polyester*.

Agar permasalahan yang dibahas tidak melebar maka perlu diadakan pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Bentuk spesimen

Bentuk spesimen komposit adalah plat dengan fraksi volume serat enceng

gondok 20% (tetap) dengan panjang serat 25mm, 50mm, dan 100m. Karena cara memperoleh serat enceng gondok menggunakan cara manual (tanpa permesinan) tidak semua serat memiliki kualitas dan panjang yang sama.

2. Bahan benda uji
Benda uji dibuat menggunakan serat enceng gondok dengan kadar air 20% menggunakan matrik resin *polyester*.
3. Cara pembuatan benda uji
4. Benda uji dibuat dengan cara *hand lay up* dan dengan penekanan secara manual menggunakan kaca sebagai cetakan dan penekan. Pengujian komposit
Pengujian komposit berupa uji kekuatan *impack*, struktur

TINJAUAN PUSTAKA

Pemikiran tentang penggabungan atau kombinasi bahan-bahan kimia atau elemen-elemen struktur dapat dilakukan dengan berbagai tujuan, tetapi dalam bidang *engenering* tujuan dari konsep penggabungan ini harus dibatasi , yaitu hasil dari penggabungan itu harus dapat diaplikasikan untuk mengatasi masalah yang ada saat ini, atau paling tidak dengan kebutuhan perencanaan suatu komponen struktur (Hadi, 1997).

Bahan komposit sebenarnya banyak sekali terdapat di alam karena bahan komposit terdiri dari bahan organik maupun bahan anorganik, misalnya bamboo, kayu, serat enceng gondok, tebu,

dan sebagainya. Secara tidak sadar sebenarnya kita telah mengenal berbagai jenis komposit. Seorang petani memperkuat tanah liat dengan jerami, pengrajin besi membuat pedang secara berlapis, dan beton bertulang merupakan beberapa jenis komposit yang sudah lama kita kenal (Diharjo, 2003).

Pengertian Komposit

Sebetulnya kita mengetahui bahwa material/bahan terdiri dari logam, polimer, keramik dan komposit. Masing-masing material mempunyai keunggulan masing-masing.

Komposit serat adalah komposit yang terdiri dari fiber didalam matriks. Secara alami serat yang panjang mempunyai kekuatan yang lebih dibanding serat yang berbentuk curah (*bulk*). Serat panjang mempunyai struktur yang lebih sempurna karena struktur kristal tersusun sepanjang sumbu serat dan cacat internal pada serat lebih sedikit dari pada material dalam bentuk curah. Bahan pengikat atau penyatu serat dalam material komposit disebut matriks. Matriks secara ideal seharusnya berfungsi sebagai penyelubung serat dari kerusakan antar serat berupa abrasi, pelindung terhadap lingkungan (serangan zat kimia, kelembaban), pendukung dan menginfiltrasi serat, transfer beban antar serat, dan perekat serta tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur. Matriks dapat berbentuk polimer, logam, karbon, maupun keramik.

Tabel 1. Sifat mekanik dari beberapa jenis material

Type (acronym)	Tensile Yield Strength		Elongation (%)	Flexural Strength		Tensile Modulus Of Elasticity		Impact Strength		Density	
	Ksi	(Mpa)		Ksi	(Mpa)	Ksi	(Gpa)	Ft lb/in	(J/m)	lb/in ³	(sp.gr.)
Polytetrafluoroethylene (PTFE)	4.5	31	300	-	-	51	0,35	3	88	0.08	2.2
Polybutylene terephthalate (PBT)	8	55	150	12	83	-	-	0,8	23,6	0.05	1.31
Polysulfone (PSU)	16,2	70	75	15,4	106	360	2,48	1,3	38,3	0,04	1,24
Polymethylmethacrylate (PMMA)	10,5	72	5	16	110	425	2,93	0,3	8,8	0,043	1,19
Polyamide-imide (PAI)	26	179	15	30	207	750	5,17	2,5	73,7	0,05	1,4
Phenolic (PF)	10	69	<1	11	76	1050	7.3	0.35	10.3	0.05	1.4
Polyimide (PI)	13	90	4	18	124	630	4.3	0.75	22	0.05	1.43
Epoxy (EP)	10,5	72	4	16	110	450	3,1	0,3	8,8	0,04	1,15
Polystyrene (PS)	7.5	51,7	1,5	12,5	86	480	3.3	0,3	8.8	0,04	1,05
Polyethylene (PE)	1.9	13	600	-	-	24	0.16	-	-	0,034	0,9
Polyvinylchloride (PVC)	6.5	44,8	6	13	89	375	2.6	4	118	0.054	1,44
Polyester (UP)	9,4	40	1,6	5,5	60	300	17,5	0.4	10.6	0.034	1.1
Acrylonitrile butadiene styrene (ABS)	8	55	12	11	76	335	2.3	3	88	0.04	1,05

Jenis/Sifat	Berat Jenis
Serat enceng gondok	0,25gr/cm ³
Serat tebu	0,36 gr/cm ³
Serat pohon kelapa	1,36 gr/cm ³

Sumber : kenneth G.Budinsky

Pengujian di laboratorium Teknik Kimia
Universitas Muhammadiyah Surakarta.

$$\sigma_1 = E_1 \cdot \varepsilon_1 \dots\dots\dots 1$$

$$\sigma_1 = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m \cdot V_m \dots\dots\dots 2$$

dimana

σ_1 = Tegangan tarik komposit (GPa)

ε_1 = Regangan pada arah longitudinal

Kekuatan impak benda uji dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$E_{serap} = G \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots 3$$

dimana :

G = Berat beban/pembentur (N)

R = Jari-jari pusat putar ke titik berat pembentur (m)

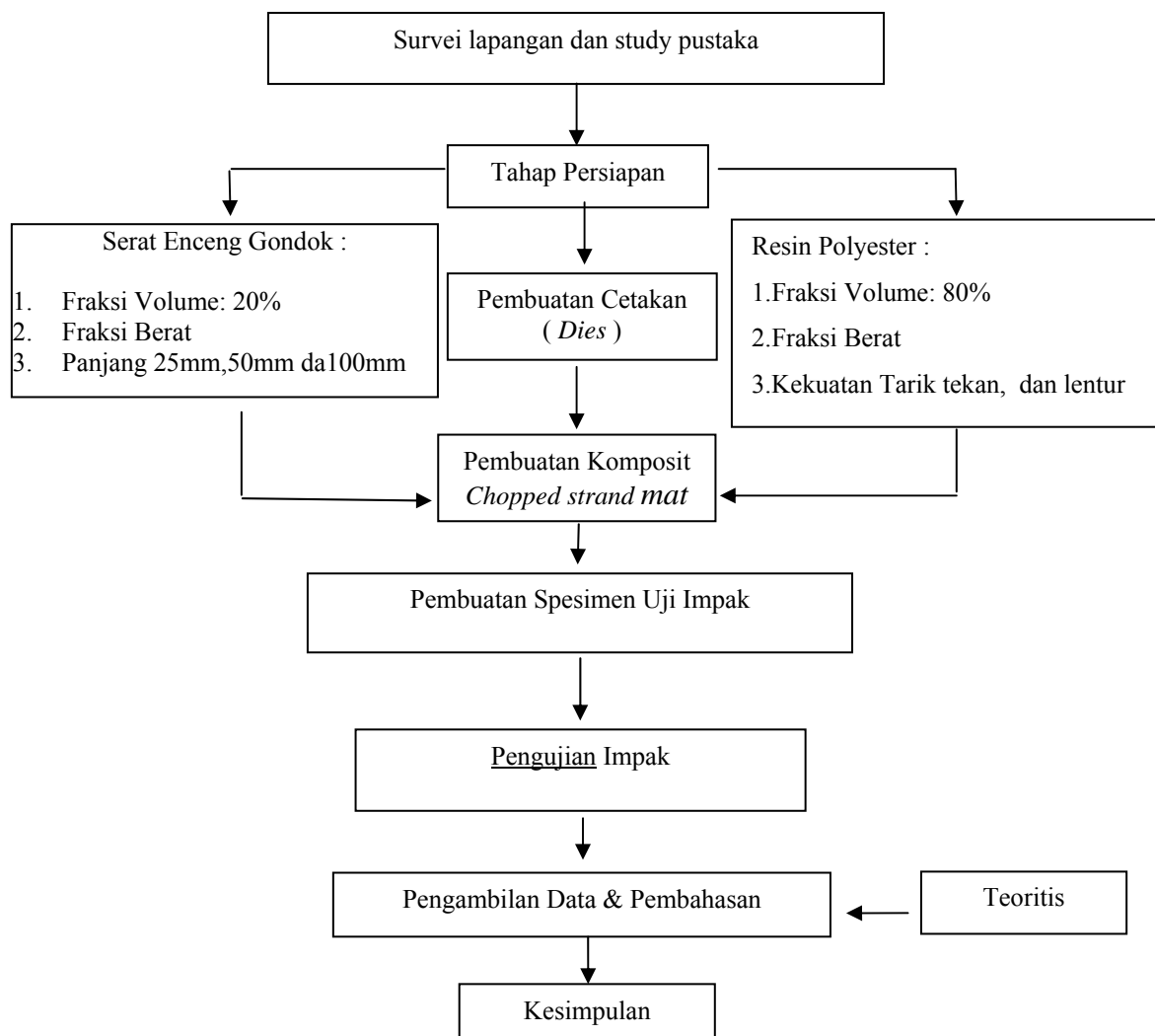
E_{serap} = Energi yang terserap (N. mm)

α = Sudut ayunan tanpa benda uji

β = Sudut ayunan mematahkan benda uji

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Flowchart pengujian

Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan komposit serat Enceng gondok dengan matrik *polyester* adalah sebagai berikut :

- 1) Tanaman enceng gondok dicuci, lalu dikeringkan selama ± 10 hari..
- 2) Pembuatan cetakan
Untuk pengujian tarik menggunakan kaca dengan ketebalan 4 mm dengan ukuran 225 x 130 mm dan mempunyai daerah pencetakan 165 x 70 mm, untuk pengujian impak menggunakan kaca dengan ketebalan 10 mm dengan ukuran 130 x 100 mm dan mempunyai daerah pencetakan 70 x 40 mm, sedangkan untuk pengujian bending menggunakan kaca dengan ketebalan 4 mm dengan ukuran 210 x 110 mm dan mempunyai daerah pencetakan 10 x 50 mm.
- 3) Pengambilan serat dari tanaman enceng gondok dengan menggunakan bantuan sikat kawat, tanaman enceng gondok tersebut setelah kering disikat dengan cara membujur searah dengan sikat kawat tersebut, lalu serat tersebut akan memisah dari daging tanaman tersebut. Serat tersebut lalu dipotong 25mm, 50mm, 100mm.
- 4) Pengolesan *wax mold release* atau *kit mobil* pada cetakan untuk memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan.
- 5) Serat ditaruh dalam cetakan secara acak, lalu resin polyester dituangkan ke dalam cetakan tersebut.
- 6) Penutupan dengan menggunakan kaca yang bertujuan agar *void* yang kelihatan dapat diminimalkan jumlahnya yang kemudian dilakukan pengepresan dengan menggunakan plat

besi yang dikencangkan dengan baut dan mur.

- 7) Proses pengeringan dibawah sinar matahari, proses ini dilakukan sampai benar-benar kering yaitu 5 – 10 jam dan apabila masih belum benar-benar kering maka proses pengeringan dapat dilakukan lebih lama.
- 8) Proses pengambilan komposit dari cetakan yaitu menggunakan pisau ataupun *cutter*.
- 9) Benda uji komposit siap untuk dipotong menjadi spesimen benda uji.
- 10) Pengujian *Impact*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan pengujian *impact*

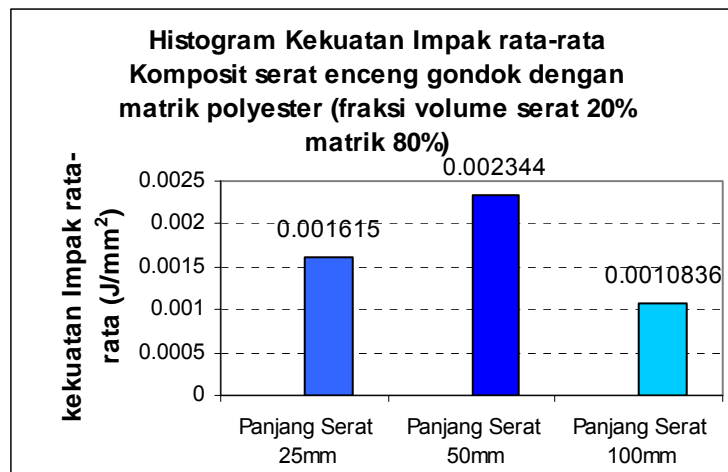
Untuk hasil pengujian *impact*, perbedaan harga *impact* rata-rata dari masing-masing jenis komposit tidak begitu besar. Hal itu disebabkan karena matrik yang digunakan hanya satu jenis yaitu *polyester*. Harga *impact* rata-rata yang tertinggi adalah komposit serat enceng gondok dengan panjang 25 mm yaitu $0,002344 \text{ J/mm}^2$ sedangkan yang terendah adalah komposit serat enceng gondok dengan panjang 100 mm yang mempunyai harga *impact* rata-rata $0,0010836 \text{ J/mm}^2$.

Perbedaan harga *impact* rata-rata dari ketiga jenis komposit dapat disebabkan oleh beberapa sebab diantaranya adalah kekuatan komposit yang kurang merata disetiap tempat dan distribusi serat yang kurang merata sehingga energi yang diserap menjadi lebih kecil. Sedangkan patahan yang terjadi adalah jenis patahan getas.

Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 3 dibawah.

Tabel 2 Data-data hasil pengujian *impact* komposit Enceng Gondok dengan fraksi volume Serat 20%, dan Matrik Polyester 80%

Jenis komposit	No	α°	β°	A_0 (mm^2)	Energi Yang Diserap (J)	harga Impak(J/mm^2)	Harga Impak Rata- rata(J/mm^2)
Serat Enceng Gondok 25 mm	1	158	156	76.7163	0.1137	0.001482	0.001615
	2	158	155.5	75.065	0.14361	0.001913	
	3	158	156	78.032	0.1137	0.00145	
Serat Enceng Gondok 50 mm	1	158	155	75.348	0.1740	0.00230	0.002344
	2	158	154	73.440	0.2367	0.00322	
	3	158	156	75.795	0.1137	0.001500	
Serat Enceng Gondok 100 mm	1	158	156	82.712	0.1182	0.00142	0.0010836
	2	158	156.5	79.575	0.0844	0.001060	
	3	158	157	72.122	0.0556	0.0007709	



Gambar 2. Histogram kekuatan impak

KESIMPULAN

1. Semakin panjang serat maka harga impak akan semakin menurun, karena ikatan antara matriks dan serata
2. Kekuatan impak maksimum terjadi pada panjang serat 50 mm, engan kekuatan harga impak ,002344

semakin kuat sehingga serat akan patah pada garis patahnya

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM, 1990, *Standards and Literature References for Composite Materials*, 2d ed., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Budinski, Kenneth, 2000, *Engineering Materials Properties and Selection sixth Edition*, Prentice Hall, New Jersey.

- Gibson.Ronald F., 1994, *Principles Of Composite Material Mechanics*, Mc Graw Hill Inc, New York.
- Jamasri, 2002, *Buku Pegangan Kuliah Komposit*, Surakarta
- Jones, M. R.,1975, *Mechanics of Composite Materials*, Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd.
- Roseno, Seto, 2003, *Karakteristik dan Model Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Alam*, , BPPT , Jakarta.
- Shackelford James F, 1996, *Introduction To Materials Science For Engineers*, Prentice Hall International. Inc, London.
- Staf Laboratorium Bahan Teknik, 2005., *Petunjuk Praktikum Ilmu Logam*,Teknik Mesin UGM, Yogyakarta.
- Surdia T., Saito S, 1991, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Vlack Lawrence H.Van , 1995, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, terjemahan Ir. Sriati Djaprie, Erlangga, Jakarta.

STUDI HEAT LOSSES PADA ISOBARIC ZONE REAKTOR HYL III DIRECT REDUCTION PLANT PT. KRAKATAU STEEL

Nur Aklis

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl.A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura

nur_aklis@ums.ac.id

ABSTRAK

Isobaric zone merupakan zona untuk mereduksi bijih besi (iron ore) menjadi besi spons (sponge iron) dengan menggunakan gas reduktor H_2 di dalam sebuah reactor. Panas dari heater diperlukan untuk membantu proses mereduksi bijih besi pada reactor. Reactor diberi bahan insulasi yaitu refraktori untuk menahan panas yang keluar dan menahan benturan secara langsung dari bijih besi saat proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kerugian panas yang terjadi yang diakibatkan penurunan dari performansi refraktori. Akibat dari panas yang keluar secara berlebihan dapat berakibat merusak dinding reactor hingga menyebabkan kebocoran pada reactor (hot spot). Hasil penelitian dilapangan bahwa pada zona Isobaric temperatur dinding luar reactor mencapai $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, tetapi menurut desain awal temperatur dinding luar reactor pada zona Isobaric adalah $36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Hal ini berarti telah terjadi kerugian panas yang disebabkan oleh adanya perpindahan panas pada reactor yang sudah tidak sesuai dengan desain awal reactor.

Kata kunci; Isobaric Zone, Refraktori, Perpindahan Panas

PENDAHULUAN

Pabrik Besi Spons (*Direct Reduction Plant*) menerapkan teknologi berbasis gas alam dengan proses reduksi langsung menggunakan teknologi *Hyl*. Pabrik ini menghasilkan besi spons (Fe) dari bahan mentahnya berupa bijih besi (Fe_2O_3 and Fe_3O_4), dengan menggunakan gas alam (CH_4) dan air (H_2O). Proses mereduksi bijih besi menjadi besi spons terjadi dalam reactor. Bijih besi yang masuk ke dalam reactor mengalami proses reduksi yang bertujuan untuk menghilangkan kadar oksigen pada bijih besi sehingga akan didapat bijih besi dengan kadar Fe 98%. Proses reduksi di dalam reactor menggunakan gas H_2 sebagai reduktor dengan tekanan $4,55\text{ kg/cm}^2$ pada temperature $1350\text{ }^{\circ}\text{C}$. Setelah bijih besi tersebut mengalami proses

reduksi maka bijih besi tersebut mengalami perubahan kandungan strukturnya. Bijih besi yang telah mengalami perubahan kandungan struktur disebut sebagai *sponge iron* yang akan diolah lagi di dalam *furnace* menjadi baja.

Proses pada reactor terbagi dalam tiga ruangan yaitu : *Reduction Zone, Isobaric Zone, Cooling Zone*. Masing-masing ruangan mempunyai temperatur yang berbeda. Temperatur pada *Reduction Zone* adalah $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ sedangkan temperature pada *Isobaric Zone* adalah $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan temperatur pada *Cooling Zone* adalah $450\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperatur tinggi di dalam reactor diperoleh dari gas panas yang berasal dari *heater*. Di dalam *heater*, gas reduksi dinaikkan temperaturnya, setelah itu

ditransfer ke dalam reaktor. Panas yang berasal dari *heater* dipertahankan agar tidak terjadi kerugian panas yang terlalu besar. Untuk mengurangi kerugian panas, pada reaktor diberikan suatu isolator berupa refraktori. Refraktori tersebut digunakan untuk mempertahankan temperatur pada reaktor. Kualitas yang baik dari refraktori merupakan satu faktor penting yang menentukan proses reduksi biji besi di dalam reaktor. Makin baik fungsi refraktori maka makin kecil *heat losses* yang terjadi pada reaktor.

Proses reduksi bijih besi pada reaktor sangat mempengaruhi kualitas refraktori. Dari data di lapangan bahwa temperatur pada dinding luar reaktor sudah tidak sesuai dengan rancangan awal reaktor secara teoritis. Menurut rancangan awal secara teoritis, temperatur dinding luar reaktor dirancang agar tidak membahayakan bagi keselamatan karyawan tetapi dalam kenyataan di lapangan pada dinding luar reaktor telah terjadi *over heat* sehingga menyebabkan proses dari reduksi bijih besi tersebut tidak sempurna selain itu dengan terjadinya *over heat* pada dinding luar reaktor dapat membahayakan keselamatan bagi operator terutama dalam hal perawatan reaktor.

TINJAUAN PUSTAKA

Hubungan antara perpindahan panas dan termodinamika

Perpindahan panas adalah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Ilmu perpindahan kalor menjelaskan bagaimana energi kalor berpindah dari satu benda ke benda yang lain dan meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Apa yang ada dalam perpindahan disebut panas tidak dapat diamati secara langsung, tetapi pengaruhnya dapat diamati dan diukur. Aliran panas seperti halnya pelaksanaan

kerja adalah suatu proses dengan mana energi dalam suatu sistem diubah. Cabang ilmu pengetahuan yang membahas hubungan antara panas dan bentuk-bentuk energi lainnya disebut termodinamika.

Perbedaan ilmu perpindahan kalor dengan ilmu termodinamika :

a. Dari sudut pandang termodinamika

Termodinamika membahas sistem dalam keseimbangan. Ilmu ini dapat digunakan untuk meramalkan energi yang diperlukan untuk merubah sistem dari suatu keadaan seimbang ke keadaan seimbang lain, tetapi tidak meramalkan kecepatan perpindahan itu disebabkan waktu proses perpindahan berlangsung sistem dalam keadaan seimbang. Jumlah panas yang dipindahkan selama proses hanyalah sama dengan beda antara perubahan energi sistem dan kerja yang dilaksanakan. Analisa ini tidak memperhatikan mekanisme aliran panas maupun waktu yang diperlukan untuk memindahkan panas tersebut.

b. Sudut pandang perpindahan panas

Ilmu perpindahan kalor melengkapi hukum pertama dan kedua termodinamika, dimana dalam hukum pertama termodinamika menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan maupun dihilangkan tetapi hanya dapat diubah dalam satu bentuk menjadi bentuk lainnya. Hukum kedua termodinamika yaitu bahwa kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Analisa perpindahan panas secara terperinci diperlukan untuk menaksir biaya, kelayakan, dan besarnya peralatan yang diperlukan untuk memindahkan sejumlah panas tertentu dalam waktu yang ditentukan.

Cara-Cara Perpindahan Panas

a. Konduksi

Adalah proses dengan mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah di dalam

suatu medium (padat, cair, gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

Formula :

$$q = -k.A.\frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

q = Laju perpindahan kalor (W)

k = Konduktivitas termal (W/m°C)

A = Luasan (m²)

$\frac{dT}{dx}$ = gradien suhu

Konduksi satu-satunya mekanisme dengan mana panas dapat mengalir dalam zat padat yang tidak tembus cahaya. Konduksi dalam fluida (dalam medium yang bukan padat) tergabung dengan konveksi, dan beberapa hal juga dengan radiasi.

b. Konveksi

Adalah proses transpot energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cair, dan gas.

Mekanisme fisis perpindahan kalor konveksi berhubungan dengan proses konduksi. Guna menyatakan pengaruh konduksi secara menyeluruh kita gunakan hukum Newton tentang pendinginan :

Rumus untuk perpindahan panas konveksi,

$$q = h.A.(T_w - T_\infty) \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

q = Laju perpindahan kalor (W)

h = Koefisien perpindahan kalor konveksi (W/m²°C)

A = Luas Permukaan (m²)

T_w = Suhu dinding (°C)

T_∞ = Suhu Fluida (°C)

c. Radiasi

Adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke

benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. Istilah radiasi biasa dipakai dalam gelombang elektromagnetik. Dalam ilmu perpindahan panas perlu memperhatikan hal-ikhwal yang diakibatkan oleh suhu dan yang dapat mengangkut energi melalui medium yang tembus cahaya atau melalui ruang. Energi ini diistilahkan panas radiasi.

Konduktivitas Termal

Adalah sifat bahan dan menunjukkan jumlah panas yang mengalir melintasi satu satuan luas jika gradien suhunya satu. Bahan yang mempunyai konduktivitas termal yang tinggi dinamakan konduktor, sedangkan bahan yang konduktivitas termalnya rendah disebut isolator. Konduktivitas termal berubah dengan suhu, tetapi dalam banyak soal perckayasaan perubahannya cukup kecil untuk diabaikan.

Nilai angka konduktivitas termal itu menunjukkan berapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu. Makin cepat molekul bergerak, makin cepat pula ia mengangkut energi. Jadi konduktivitas termal bergantung pada suhu. Indeks (k) menunjukkan bahwa mekanisme perpindahannya dengan cara konduksi.

Refraktori

Ada baiknya bahan-bahan isolator dikelompokkan menurut penerapan dan jangkauan suhu penggunaannya. Dalam operasi reaktor di *HYL III DR Plant* bahan isolasi yang digunakan adalah refraktori khusus untuk industri baja. Refraktori ini akan dipasang pada reaktor sebagai insulator agar kerugian panas terlalu besar tidak terjadi.

Refraktori adalah suatu bahan yang mempunyai sifat dapat mempertahankan bentuknya pada temperatur tinggi, karena itu banyak digunakan sebagai bahan pelapis tanur (isolator) untuk proses-proses yang

memerlukan temperatur tinggi. Baik buruknya (kualitas) suatu refraktori terutama ditentukan oleh bahan baku dan cara pembuatannya. Bahan baku yang digunakan berupa bahan anorganik non logam yang dapat diperoleh dari bahan galian alam yang berfasa padat atau bahan anorganik artifisial (umumnya berupa oksida-oksida logam).

Selain berfungsi sebagai wadah dari bahan yang dipanaskan, fungsi utama adalah sebagai penyekat panas sehingga bahan-bahan yang diproses dengan panas tersebut dapat terjadi secara sempurna. Sifat-sifat panas yang harus dimiliki adalah sebagai berikut :

1. Tahan terhadap temperatur tinggi (tidak melebur).
2. Tahan terhadap beban struktur/konstruksi/berat isi tungku pada temperatur tertentu.
3. Memiliki stabilitas volume pada temperatur kerja.
4. Tahan terhadap kejutan suhu atau perubahan temperatur secara tiba-tiba.
5. Memiliki sifat isolasi panas yang tinggi.
6. Tahan terhadap reaksi kimia/fisika/mekanis pada temperatur kerja.

Pada industri besi baja refraktori yang digunakan adalah ; jenis basa (*magnesit, chrom magnesit, dolomit* semi stabil/stabil dan *chrom magnesit*), jenis kadar alumina tinggi 50-80 % Al_2O_3 dan jenis samot baik *formed* maupun *unformed*.

METODE PEMECAHAN MASALAH

Objek Kajian

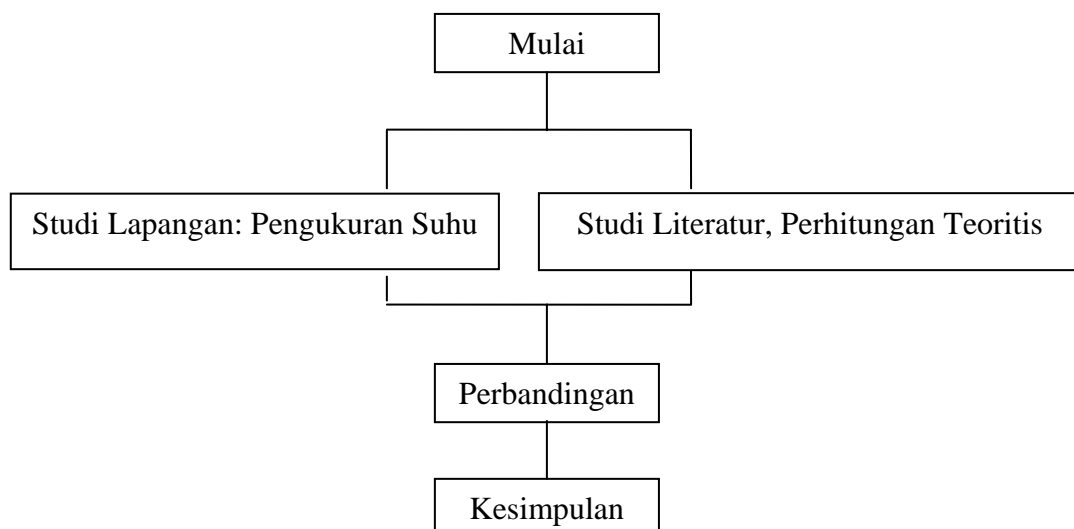
Objek kajian adalah sebuah *reactor 421-D1 HYL III Direct Reduction Plant* PT. KRAKATAU STEEL pada *Isobaric zone* sebagai zona untuk mereduksi bijih besi (*iron ore*) menjadi besi spons (*sponge iron*).

Teknik Penyediaan Data

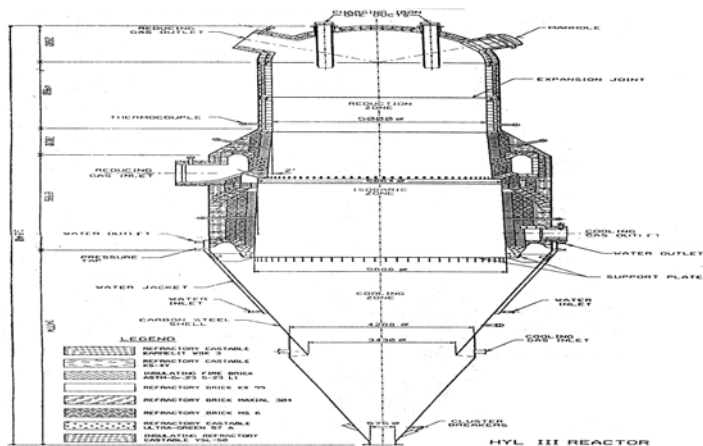
Penyediaan data dalam penelitian ini menggunakan teknik studi literatur dan inspeksi ke lapangan. Data yang dikumpulkan adalah data yang berhubungan dengan sistem yang terjadi di *reactor 421-D1 HYL III Direct Reduction Plant* PT. KRAKATAU STEEL pada *Isobaric Zone*.

Kerangka Penyelesaian Masalah

Alur untuk menyelesaikan masalah dapat dilihat dalam gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1 Alur penyelesaian masalah



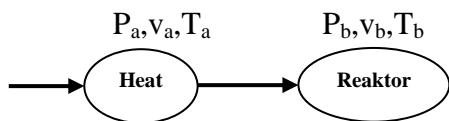
Gambar 2 Reactor 421-D1 daerah isobaric

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Teoritis

Pemodelan

Gambar reactor dapat dilihat pada gambar 2, sedang pemodelan perpindahan panas pada daerah isobaric zone dapat dilihat dalam gambar 3



Gambar 3. Pemodelan Perpindahan Panas

Proses reduksi menggunakan gas reduksi H₂O, H₂, CO, CO₂, N₂, CH₄ dengan masing-masing mempunyai prosentase. Untuk gas H₂ mempunyai 88% volume flow dari total keseluruhan. Karena gas H₂ mendominasi prosentase dari total volume flow, maka hanya akan dianalisa pada gas H₂ saja.

Data-Data Perhitungan

Data-data yang diperoleh di lapangan adalah sebagai berikut :

$P_a = 4,55 \text{ kg/cm}^2$ [inlet pressure gas heater]

$P_a = P_b$

$T_a = 38,93 \text{ }^\circ\text{C}$ [inlet temperature gas heater]

$T_b = 1350^\circ\text{C} = 1623 \text{ K}$ [outlet temperature gas heater]

$v_a = v_b$ [volume flow on NCMH]

Analisis Gas H₂

Volume gas H₂ di dalam reactor adalah 88 % dengan laju aliran gas adalah 150000 NCMH.

Temperatur pada *Isobaric Zone* adalah 1000 °C

Komposisi volume H₂

$$\frac{88}{100} \times 150000 = 132000 \text{ NCMH}$$

$$v_b = \frac{132000}{60 \times 60} = \frac{132000}{3600} = 36,67 \text{ NCMS}$$

$P_b = 4,55 \text{ kg/cm}^2$

$T_{b1} = 1000 + 273 = 1273 \text{ K}$

[temperatur gas in isobaric zone]

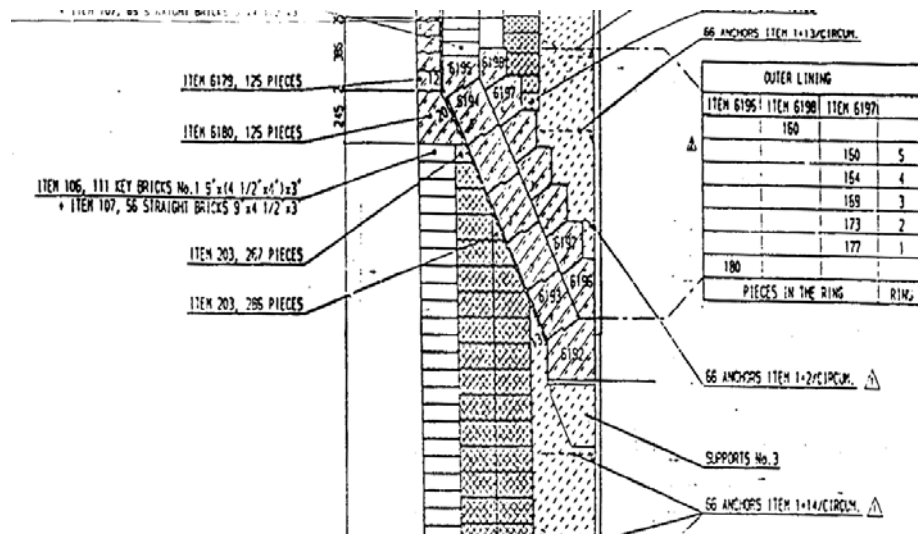
$$V_{b1} = \frac{1}{4,55} \times \frac{1623}{1273} \times 36,67$$

$$= \frac{59515,41}{5792,15}$$

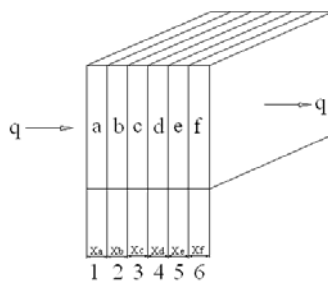
$$= 10,27 \text{ CMS}$$

[volume flow on CMS (cubic metre sekon)]

Dengan cara interpolasi Rapat massa (ρ) dari H₂ dengan suhu 1350°C dapat diketahui sebesar 0,0154 m³/kg. Dengan cara interpolasi Kalor jenis (c) dari H₂ dengan suhu 1350°C dapat diketahui sebesar 16,26 J/kg . K



Gambar 4. Susunan bahan refraktori pada *Isobaric Zone*



Gambar 5. Pemodelan Lapisan refraktori

Bahan isolator refraktori

Bahan refraktori yang ditunjukkan dalam gambar 6, 7 terdiri dari;

- a) Refractory Brick KX 99 BF
 - $k_a = 1,4 \text{ W/m K}$
 - $x_a = 229 \text{ mm}$
- b) Insulating Fire Brick G-23 LI
 - $k_b = 0,22 \text{ W/m K}$
 - $x_b = 100 \text{ mm}$
- c) Refractory Brick Maxial 304
 - $k_c = 1,4 \text{ W/m K}$
 - $x_c = 100 \text{ mm}$
- d) Refractory Brick Maxial 304

- $k_d = 1,4 \text{ W/m K}$
 - $x_d = 100 \text{ mm}$
 - e) Insulating Castable VSL 50
 - $k_e = 0,32 \text{ W/m K}$
 - $x_e = 100 \text{ mm}$
 - f) Plat RX ASTM A-515 Gr 70 (Carbon Steel)
 - $k_d = 43 \text{ W/m K}$
 - $x_d = 38 \text{ mm}$
- Asumsi :
1. kondisi 1 dimensi.
 2. keadaan steady state.

Laju Kalor (q) yang diberikan heater ke reaktor adalah :

$$q = \rho \cdot c \cdot v_{2a} \cdot \Delta T \dots\dots\dots(3)$$

$$= 0,0154 \cdot 16,26 \cdot 10,27 (1350 - 1000)$$

$$= 900,07 \text{ Watt}$$

Temperatur dinding luar (T_6) adalah :

$$q = \frac{T_1 - T_6}{\frac{\Delta x_a}{k_a A} + \frac{\Delta x_b}{k_b A} + \frac{\Delta x_c}{k_c A} + \frac{\Delta x_d}{k_d A} + \frac{\Delta x_e}{k_e A} + \frac{\Delta x_f}{k_f A}} \dots\dots(4)$$

Dari perhitungan yang menggunakan persamaan 4 maka didapatkan besarnya T_6 yaitu sebesar 36,93 °C.

Dari hasil analisa secara teoritis temperatur pada dinding luar reaktor (T_6) adalah sebesar 36,93 °C, sedangkan pada pengukuran di lapangan suhu pada daerah isobaric mencapai angka 150° C. Dari hasil

tersebut didapatkan perbedaan yang signifikan antara hasil teoritis dengan pengukuran temperatur dinding luar reaktor yang berada di lapangan (kondisi actual).

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas maka kita dapat membandingkan, ternyata temperatur dinding luar reaktor secara teoritis adalah 36,93 °C. Hal ini jauh berbeda dengan temperatur dinding luar reaktor di lapangan (kondisi actual) yaitu 150 °C. Dapat diambil kesimpulan bahwa sebab terjadinya perbedaan temperatur tersebut adalah adanya panas yang keluar dari dalam reaktor sehingga terjadi kerugian panas (*heat losses*) pada reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

- Brown. Royce N., 1986, *Compressor Selection & Sizing*, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- _____; *Operaton Manual*, Vol. I of III, Divisi Perawatan Pabrik besi Spons HYL III DR Plant PT. Krakatau Steel.
- _____; *Operaton Manual*; Vol. IV of V, Divisi Perawatan Pabrik besi Spons HYL III DR Plant PT. Krakatau Steel.
- Holman, J.P., 1988, *Perpindahan Kalor*, penterjemah Jasjfi E, Erlangga, Jakarta.
- Kreith Frank, Prijono Arko, 1997, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga, Jakarta.
- Soetjipto, B.R., Basuki A.E., 2004. *Kursus Singkat Refraktori Untuk Industri Baja*, Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Ilmu Kebumihan Dan Teknologi Mineral, ITB, Bandung.
- Wahyudi Lilik, 2005, *Analisis Heat Losses Pada Reaktor Hyl III Direct Reduction Plant akibat Penurunan Performansi Refraktori Pt Krakatau Steel (Persero)*, Laporan Kerja Praktek, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta

PERAJANG MEKANIK KRIPIK

Sartono Putro

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

ABSTRAK

Proses pembuatan kripik tempe dengan perajangan manual mempunyai banyak kelemahan yaitu waktu proses lama, tebal sayatan tidak bisa seragam, permukaan sayatan bergelombang. Perajangan dengan penyayatan manual dapat digantikan menggunakan perajang mekanik yang prinsip kerjanya berdasarkan mekanisme gerak engkol peluncur dengan pemotong sirkel (circle cutter). Penelitian ini bertujuan mencari cutting speed dan feeding speed yang optimum pada pemotongan tempe menjadi kripik tempe dengan ketebalan tertentu. Penelitian dilakukan dengan membuat alat perajang mekanik yang menggunakan prinsip kerja mekanisme engkol peluncur, circle cutter diputar oleh sebuah motor listrik yang dapat diatur putarannya dengan mengganti pulley transmisi. Sedangkan putaran engkol yang merupakan gerak feeding diputar oleh sebuah motor listrik yang berbeda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa grafik hubungan antara cutting speed dan kuantitas sayatan menunjukkan bahwa peningkatan cutting speed menghasilkan peningkatan kuantitas sayatan. Percobaan dengan lima variasi kecepatan cutting speed mendapatkan hasil kualitas sayatan yang sama yaitu secara visual permukaan keping hasil sayatan halus, sedangkan kuantitas terbesar dicapai pada cutting speed 19.927 mm/s. Diperkirakan kuantitas hasil keping sayatan akan terus meningkat dengan ditingkatkannya cutting speed. Percobaan dihentikan sampai cutting speed 19.927 mm/s karena muncul serpihan sayatan yang berbentuk slurry dan mengotori sekeliling alat. Hasil yang optimum pada penelitian ini dicapai pada cutting speed 18.394 mm/s dengan kuantitas sayatan 11 keping, pada kondisi ini serpihan sayatan belum mengganggu operasional. Ukuran bahan tempe yang disayat memiliki ketebalan 20 mm, bila hasil sayatan dibuat setebal 1,5 mm, maka satu buah bahan tempe kotak akan dihasilkan sayatan, $\frac{20}{1,5} \approx 13$ keping.

Kata kunci: Kripik, Perajang mekanik, Cutting speed, Feeding speed

PENDAHULUAN

Kendala yang dihadapi industri kecil tempe kripik saat ini adalah masalah perajangan. Pembuatan kripik tempe dilakukan dengan membuat sayatan tempe secara manual dengan ketebalan sekitar 2 mm. Bahan kripik adalah tempe berbentuk kotak ukuran $20 \times 8 \times 2$ cm yang kemudian disayat dengan ukuran $20 \times 8 \times 0,2$ cm. Satu orang perajang yang telah terampil

rata-rata hanya mampu merajang 10 kotak per jam. Bila kapasitas produksi industri kecil 125 kg kedelai yang menghasilkan 625 buah tempe kotak, maka diperlukan waktu perajangan $\frac{625}{10} = 62,5$ jam untuk satu orang perajang. Perajangan yang dilakukan selama ini mempunyai banyak kelemahan, selain waktu proses yang besar kelemahan lainnya adalah:

1. Tebal sayatan tidak bisa seragam
2. Permukaan sayatan tidak rata (bergelombang)
3. Banyak membuang bahan baku tempe, akibat tebal sayatan yang tidak seragam maka satu tempe kotak yang seharusnya menjadi 10 keping, rata-rata hanya menjadi 8 keping.

TINJAUN PUSTAKA

Perajangan kripik tempe dengan cara penyayatan manual dapat digantikan menggunakan perajang mekanik yang prinsip kerjanya berdasarkan mekanisme gerak engkol peluncur dengan *circle cutter* (Putro dan Subroto 2002). Untuk dapat menerapkan alat potong dengan prinsip gerak engkol peluncur pada perajangan kripik tempe harus diketahui perbandingan kecepatan potong (*cutting speed*) dan kecepatan pemakanan (*feeding speed*).

Dengan demikian dapat dirumuskan permasalahannya adalah penentuan pasangan yang optimum antara *cutting speed* dan *feeding speed* mengingat karakteristik tempe berbeda dari benda

kerja lain seperti kayu dan logam yang telah banyak diteliti mengenai sifat mekanisnya.

Proses perajangan kripik dengan penyayatan manual dapat diperlihatkan pada Gambar 1.

Prinsip kerja perajang mekanik yang dibuat adalah mengumpankan tempe pada *circle cutter*, pada proses ini proses penyayatan dilakukan dengan gerak pisau yang melingkar. *Cutting speed* untuk *circle cutter* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

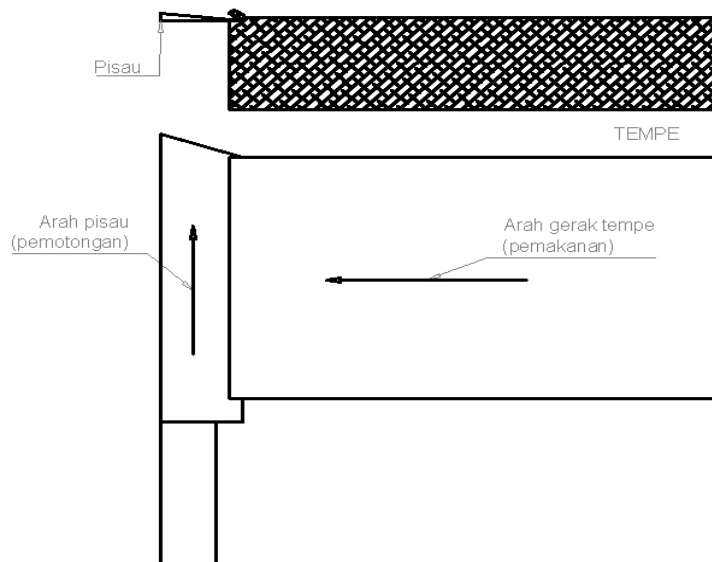
$$v = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \text{ m/menit} \rightarrow n = \frac{v \times 1000}{\pi \times d} \text{ rpm}$$

.....1

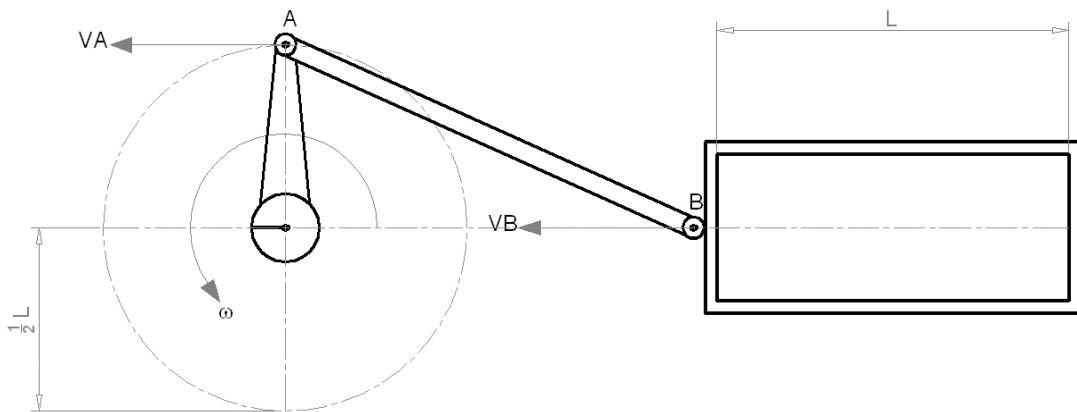
v = kecepatan potong

d = diameter pisau

n = putaran pisau



Gambar 1. Proses penyayatan kripik secara manual



Gambar 2. Diagram kinematik mekanisme engkol peluncur

Feeding speed merupakan kecepatan pengumpanan tempe pada *circle cutter*, mekanisme proses ini menggunakan prinsip gerak engkol peluncur. Penentuan *feeding speed* dihitung menggunakan Persamaan Engkol Peluncur. Jari-jari engkol ditentukan dengan panjang benda kerja l yang akan disayat. Batang penghubung berfungsi menghubungkan peluncur dengan jari-jari engkol. Dengan demikian apabila engkol berputar satu putaran, maka peluncur yang merupakan kotak pengumpan akan bergerak maju dan mundur. Gerak maju adalah gerak pemakanan dan gerak mundur merupakan gerak kembali atau gerak tanpa pemakanan. Mekanisme engkol peluncur diperlihatkan pada Gambar 2 dihitung dengan persamaan sebagai berikut.

$$V_A = \omega \times R$$

$$V_{B/A} = V_B \rightarrow V_A \cdot \frac{R}{l} = V_B \rightarrow V_{B/A} = \frac{R}{l} V_A$$

V_A = kecepatan linier titik A

V_B = kecepatan titik B (peluncur)

$V_{B/A}$ = kecepatan relatif titik B terhadap titik A

ω = kecepatan sudut R

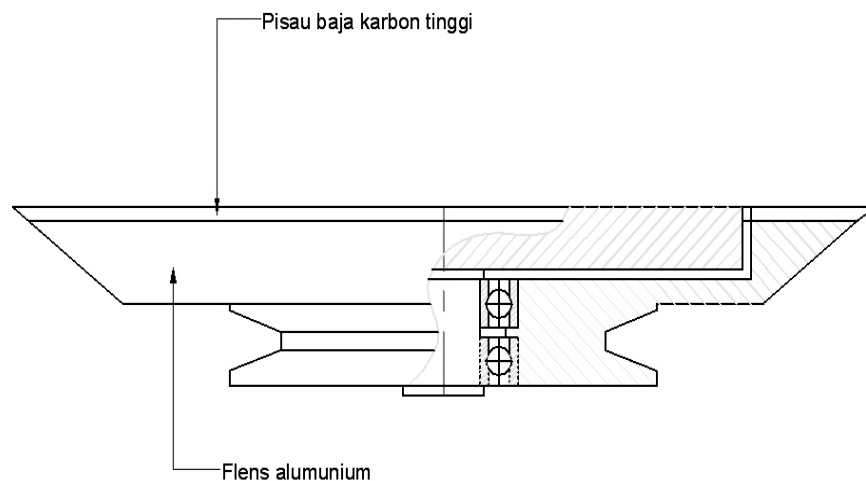
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *cutting speed* dan *feeding speed* yang optimum pada pemotongan

tempe menjadi kripik tempe dengan ketebalan tertentu. Dengan diketahuinya *cutting speed* dan *feeding speed* yang optimum untuk perajangan kripik tempe, maka dapat diterapkan untuk pembuatan model perajang mekanik kripik tempe. Perajang mekanik kripik tempe yang dihasilkan merupakan alat produksi untuk industri kripik tempe yang sebelumnya tidak ada. Penggunaan perajang mekanik kripik tempe dengan berbagai kelebihan dibanding cara produksi yang selama ini dikenal akan dapat memberdayakan pengusaha kecil kripik tempe dengan jalan menekan ongkos satuan produksi.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Variabel penelitian yang digunakan
 - a. *Cutting speed*, yaitu putaran *circle cutter*.
 - b. *Feeding speed*, adalah kecepatan pengumpanan tempe ke *circle cutter*. Pada penelitian ini *feeding speed* dijadikan variabel bebas, yang besarnya ditentukan 120 rpm.
 - c. *Deep of cutting*, pada penelitian ini merupakan variabel bebas dan besarnya ditentukan 1,5 mm.
2. Peralatan yang dipergunakan untuk penelitian ini adalah perajang mekanik seperti yang diperlihatkan pada Gambar 6 yang dibuat dengan cara sebagai berikut.

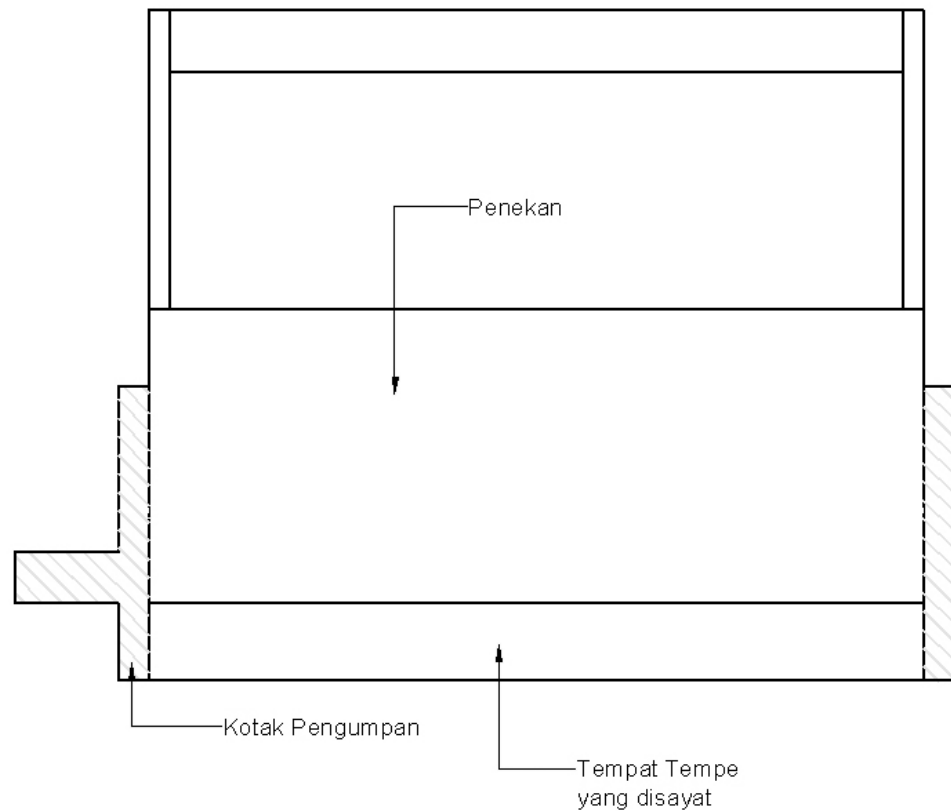
- a. Membuat *circle cutter* dari baja karbon tinggi agar diperoleh ketajaman yang baik. Bahan baja karbon tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan gergaji sirkel yang ada dipasaran (biasanya untuk memotong kayu). Selanjutnya dibuat *flens* pemegang pisau, *flens* dibuat dari alumunium untuk mendapatkan ketegaran yang besar tetapi ringan. Hal ini diperlukan karena *flens* akan dipasang pada sebuah poros yang berputar. Untuk mendapatkan *cutting speed* yang dikehendaki, poros diputar menggunakan motor listrik dengan transmisi *pulley belt*.
- b. Membuat peluncur berbentuk kotak yang berfungsi sebagai pemegang tempe dan mengumpankan pada pisau yang berputar. Karena fungsinya sebagai pemegang bahan (tempe), maka bahan peluncur dipilih dari alumunium tuang agar tahan terhadap karat. Peluncur dihubungkan dengan piringan engkol yang berputar dengan rasio putaran tertentu terhadap putaran *circle cutter*. Dengan demikian peluncur dapat bergerak maju-mundur dengan panjang langkah sesuai jari-jari engkol.



Gambar 3. Circle cutter

Data *circle cutter*:

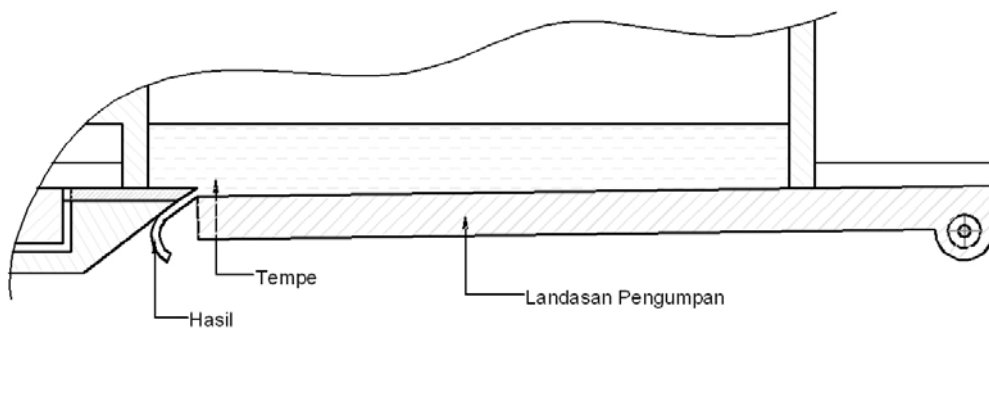
- Diameter *circle cutter* : 202 mm
- Diameter *pulley* poros *circle cutter* (driven) : 100 mm
- Diameter *pulley* motor (driven) : 50, 75, 100, 120, 130 mm
- Motor listrik ¼ HP / 1450 rpm satu fasa.



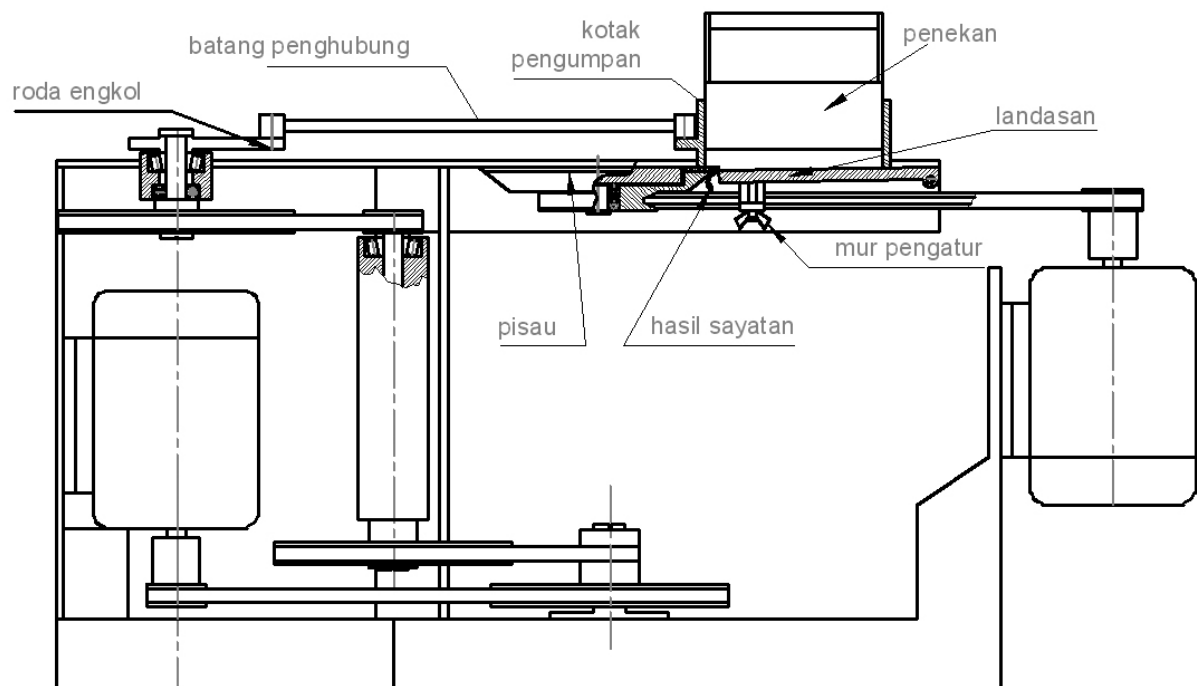
Gambar 4. Kotak pengumpan

Data *feeding unit*:

- Dimensi kotak pengumpan $p \times l \times t = 200 \times 80 \times 80$ mm
- Rasio *pulley* motor (driver) dan *pulley* roda engkol (driven) = 1 : 12.
- Motor listrik $\frac{1}{4}$ HP / 1440 rpm satu fasa.



Gambar 5. Landasan pengumpan



Gambar 6. Perajang mekanik kripik tempe untuk penentuan pasangan kecepatan potong dan kecepatan pemakanan.

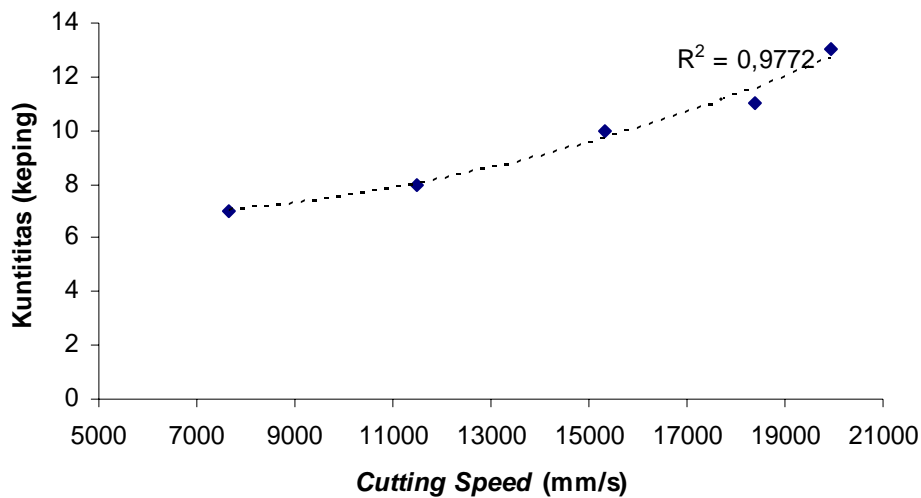
- c. Membuat landasan untuk gerak maju-mundur peluncur, gerak maju merupakan gerak pemakanan dan mundur merupakan gerak balik. Landasan dibuat agar mampu membuat permukaan bawah tempe mempunyai jarak terhadap garis mata pisau. Jarak (offset) yang ditimbulkan merupakan tebal irisan yang akan dihasilkan. Dengan demikian ketebalan hasil sayatan dapat dipilih dengan mengatur jarak tersebut.
3. Tahapan Penelitian
- a. Memotong tempe untuk membentuk tempe kotak dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 80 mm dan tebal 20 mm.
 - b. Menghidupkan motor penggerak *cutter circle*, dan motor penggerak *feeding*.
 - c. Mengukur putaran motor penggerak *cutter circle*, dan motor penggerak *feeding* menggunakan *tachometer*.
 - d. Mematikan motor penggerak *cutter circle*, dan memasang tempe kotak pada kotak pengumpan.
 - e. Menghidupkan motor penggerak roda engkol *feeding*, dan menampung hasil sayatan.
 - f. Mencatat jumlah dan kualitas *visual* hasil sayatan.
 - g. Mengganti *pulley* motor penggerak *cutter circle* untuk mendapatkan variasi *cutting speed*.
 - h. Mengulang percobaan sebanyak tiga kali untuk setiap variasi putaran *cutter circle*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan kecepatan pemotongan (*cutting speed*) dan kecepatan pemakanan (*feeding*) ditabelkan sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil perhitungan *cutting speed* dan *feeding speed*

No	Putaran Engkol <i>Feeding</i> (rpm)	Kecepatan <i>Feeding</i> (mm/s)	Diam. <i>Pulley</i> Motor Pengg. <i>Cutter Circle</i>	Putaran <i>Cutter Circle</i> (rpm)	<i>Cutting</i> <i>Speed</i> (mm/s)
1	120	1256	130 mm	1885	19927
2	120	1256	120 mm	1740	18394
3	120	1256	100 mm	1450	15328
4	120	1256	75 mm	1088	11502
5	120	1256	50 mm	725	7664



Gambar 8. Hubungan antara *cutting speed* dengan kuantitas sayatan.

Circle Cutter digerakkan oleh motor listrik dengan putaran 1440 rpm menggunakan transmisi *pulley belt*. *Pulley* pada *circle cutter* berdiameter konstan 100 mm, sedangkan *pulley* pada motor digunakan lima varian yang dijadikan variabel penelitian. Putaran *circle cutter* yang merupakan kecepatan potong, dan kecepatan *feeding* kotak pengumpan dapat dihitung menggunakan persamaan 1. Grafik hubungan antara *cutting speed* dan kuantitas sayatan menunjukkan bahwa

peningkatan *cutting speed* menghasilkan peningkatan kuantitas sayatan. Hasil lima variasi percobaan yang dilakukan memiliki trend grafik polinomial dengan koefisien korelasi (R^2) = 0,9772. Percobaan dengan lima variasi kecepatan *cutting speed* mendapatkan hasil kualitas sayatan yang sama yaitu secara visual permukaan keping hasil sayatan halus, sedangkan kuantitas terbesar dicapai pada *cutting speed* 19.927 mm/s.

Diperkirakan kuantitas hasil keping sayatan akan terus meningkat dengan ditingkatkannya *cutting speed*. Percobaan dihentikan sampai *cutting speed* 19.927 mm/s karena muncul serpihan sayatan yang berbentuk *slurry* dan mengotori sekeliling alat. Dengan demikian konstruksi alat yang dibuat tidak layak untuk dioperasikan pada *cutting speed* yang lebih tinggi. Dari ke lima percobaan yang dilakukan didapatkan hasil yang paling optimum pada *cutting speed* 18.394 mm/s dengan kuantitas sayatan 11 keping, pada kondisi ini serpihan sayatan belum mengganggu operasional. Ukuran bahan tempe yang disayat memiliki ketebalan 20 mm, bila hasil sayatan dibuat setebal 1,5 mm, maka satu buah bahan tempe kotak akan dihasilkan sayatan, $\frac{20}{1,5} \approx 13$ keping.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari pengamatan dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa untuk memperoleh hasil perajangan kripik tempe yang paling optimum untuk ketebalan 1,5 mm dicapai pada pasangan *feeding speed* 1256 mm/s dan 18.394 mm/s dengan kuantitas sayatan 11 keping, pada kondisi

ini serpihan sayatan belum mengganggu operasional. Pasangan hasil *feeding speed-cutting speed* memiliki putaran roda engkol 120 rpm, ini berarti perajang mekanik kripik tempe hasil penelitian mampu membuat sayatan kripik tempe setebal 1,5 mm dengan kecepatan perajangan 7200 keping per jam. Penggunaan perajang mekanik kripik tempe memiliki keunggulan kecepatan sayatan 7200 keping per jam, sementara perajangan manual hanya mampu merajang sebanyak 100 keping per jam per orang.

Berdasarkan hasil percobaan bila ada yang tertarik untuk melanjutkan penelitian ini disarankan untuk meneliti model *cutter* baru yang dimungkinkan untuk meningkatkan kuantitas sayatan tanpa menimbulkan serpihan *slurry* yang mengganggu. Variasi bahan sulit disayat secara mekanik misalnya untuk kripik paru dan bahan kerupuk yang lengket dapat dipergunakan sebagai variabel penelitian. Dengan tersedianya data untuk bermacam bahan untuk kripik akan membantu pengusaha industri kecil makanan untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi dalam produksinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Martin George H., 1985, *Kinematika dan Dinamika Teknik*, Erlangga, Jakarta.
- Putro S., dan Subroto, 2002, *Rekayasa Perajang Kripik Tempe Laporan Akhir Pelaksanaan Kegiatan Program Vucer Tahun 2002*, Lembaga Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Terheijden C. Van, dan Harun, 1986, *Alat-alat Perkakas 1*, Binacipta, Bandung.

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN BATUBARA, AMPAS TEBU DAN JERAMI

Subroto

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

ABSTRAK

Potensi biomass ampas tebu dan jerami sebagai sumber energi alternatif sedemikian melimpah, namun belum terolah sepenuhnya. Berawal dari hal tersebut maka peneliti mengajukan penelitian mengenai pengolahan biomass ampas tebu dan jerami dengan campuran batubara serta bahan perekat yang terbuat dari tepung pati guna diolah menjadi bahan bakar alternatif berupa biobriket. Dalam penelitian ini komposisi yang di uji adalah biobriket dengan perbandingan prosentase batubara : biomass (ampas tebu dan jerami); 10% : 90% ; 33,3% : 66,6% ; 50% : 50%. Penelitian awal dilakukan dengan pengumpulan, penghalusan, pengujian bahan baku (kadar air, nilai kalor, kadar abu, volatile matter, kadar karbon) dan pencampuran bahan baku (batu bara, ampas tebu, jerami dan perekat pati), selanjutnya dilakukan pengepresan dengan tekanan 100 kg/cm². Pengujian pembakaran dilakukan di laboratorium untuk mengetahui besarnya laju pengurangan massa dengan laju kecepatan udara konstan(0,3 m/s), kemudian dilanjutkan dengan pengujian emisi polutan. Berdasarkan percobaan dan parameter yang telah di uji, penambahan biomass menyebabkan naiknya volatile matter sehingga lebih cepat terbakar dan laju pembakaran lebih cepat. Penambahan biomass juga dapat menurunkan emisi polutan yang dihasilkan pada saat pembakaran. Komposisi biobriket terbaik yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari adalah komposisi batubara 10% : biomass 90% karena lebih cepat terbakar, suhu yang dicapai dapat optimal dan lebih ramah lingkungan.

Kata kunci : *Batubara, ampas tebu dan jerami.*

PENDAHULUAN

Seperti yang telah diketahui, minyak bumi adalah sumber energi yang tidak dapat diperbarui, tetapi dalam kehidupan sehari-hari bahan bakar minyak masih menjadi pilihan utama sehingga dapat mengakibatkan menipisnya cadangan minyak bumi. Sementara batubara dan gas bumi belum dimaksimalkan pemanfaatannya untuk konsumsi dalam negeri. Sesungguhnya negara Indonesia mempunyai potensi yang

luar biasa mengenai sumber-sumber daya energi alternatif.

Beberapa energi alternatif yang bisa dikembangkan sebagai pengganti dari minyak bumi adalah gas bumi, batubara dan biomass. Untuk gas bumi dan batubara masih merupakan energi fosil tetapi belum dimaksimalkan pemakaiannya, berdasarkan hal tersebut peneliti berfikir untuk memanfaatkan sumber energi alternatif baru. Biomassa merupakan bahan alami

yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomassa tersebut dapat diolah menjadi bioarang, yang merupakan bahan bakar dengan tingkat nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Limbah pertanian yang selama ini merupakan masalah umum di daerah pedesaan dan sering menimbulkan permasalahan, karena menjadi satu penyebab pencemaran lingkungan. Sebagai contohnya adalah ampas tebu dan jerami.

Ampas tebu adalah hasil samping dari proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35% - 40% dari berat tebu yang digiling. (Sumber dari tim penulis penebar swadaya, 1992 “ *pembudidayaan tebu di sawah dan tegalan* “ hal: 97)

Mengingat begitu banyak limbah tersebut, maka ampas tebu akan memberikan nilai tambah tersendiri bagi pabrik gula bila diberi perlakuan lebih lanjut, karena sebagian besar ampas tebu di Negara Indonesia digunakan untuk bahan bakar pembangkit ketel uap pada pabrik gula dan bahan dasar pembuatan kertas.

Jerami merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi. Ada beberapa masalah dalam penanganan jerami yang dihadapi oleh masyarakat petani. Pertama, bagaimana menggunakan jerami untuk mendapatkan keuntungan, dan kedua, apabila tidak terjual, bagaimana mengantisipasi kemungkinan terjadi polusi pada waktu pembuangan atau pembakaran.

Diperkirakan saat ini sebagian besar jerami sisa penggilingan padi tidak dipakai atau dibakar karena penggunaan jerami di Indonesia masih sebatas pada beberapa hal seperti digunakan alas untuk ternak, kompos, dan media pertumbuhan jamur, sedangkan produksi padi di Indonesia termasuk melimpah .

Disisi lain, Indonesia banyak terdapat jenis batubara yang belum dimanfaatkan

secara maksimal. Dari kenyataan diatas, maka dapat dilihat adanya peluang untuk menggabungkan tiga hal tersebut, sehingga akan didapat suatu bahan bakar alternatif berupa *Biobriket*.

Masalah yang dibahas dalam tulisan ini adalah karakterisasi pembakaran biobriket berbahan dasar campuran antara batubara, jerami, dan ampas tebu. Dengan tiga variasi perbandingan pembuatan briket:

- a. Batubara dicampur jerami dan ampas tebu, dengan perbandingan massa 10% : 45% : 45%
- b. Batubara dicampur jerami dan ampas tebu, dengan perbandingan massa 33,3% : 33,3% : 33,3%
- c. Batubara dicampur jerami dan ampas tebu, dengan perbandingan massa 50% : 25% : 25%.

TINJAUAN PUSTAKA

Tahapan dalam pembakaran bahan bakar padat adalah sebagai berikut :

1. Pengeringan
Dalam proses ini bahan bakar mengalami proses kenaikan temperatur yang akan mengakibatkan menguapnya kadar air yang berada pada permukaan bahan bakar tersebut, sedangkan untuk kadar air yang berada di dalam akan menguap melalui pori-pori bahan bakar padat tersebut.
2. Devolatilisasi
Devolatilisasi yaitu proses bahan bakar mulai mengalami dekomposisi setelah terjadi pengeringan.
3. Pembakaran Arang
Sisa dari pirolisis adalah arang (*fix carbon*) dan sedikit abu, kemudian partikel bahan bakar mengalami tahapan oksidasi arang yang memerlukan 70%-80% dari total waktu pembakaran. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran bahan bakar padat, antara lain :
 1. Ukuran partikel

- Partikel yang lebih kecil ukurannya akan lebih cepat terbakar.
2. Kecepatan aliran udara
Laju pembakaran biobriket akan naik dengan adanya kenaikan kecepatan aliran udara dan kenaikan temperatur
 3. Jenis bahan bakar
Jenis bahan bakar akan menentukan karakteristik bahan bakar. Karakteristik tersebut antara lain kandungan *volatile matter* dan kandungan *moisture*.
 4. Temperatur udara pembakaran
Kenaikan temperatur udara pembakaran menyebabkan semakin pendeknya waktu pembakaran.

Beberapa masalah yang berhubungan dengan pembakaran *biomass* dengan batubara antara lain :

- Kadar air
Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangkan temperatur pembakaran.
- Kadar kalori
Semakin besar nilai kalor maka kecepatan pembakaran semakin lambat.
- Kadar abu

Kadar abu yang tinggi didalam batubara tidak mempengaruhi proses pembakaran. Kadar abu yang tinggi di dalam batubara akan mempersulit penyalaan batubara.

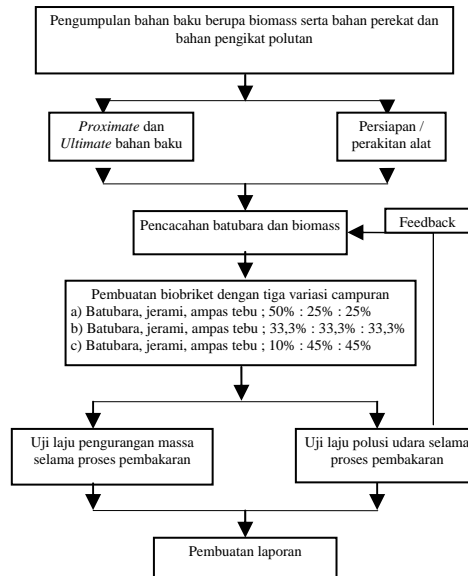
- Volatile matter atau zat-zat yang mudah menguap
Semakin banyak kandungan volatile matter pada biobriket maka semakin mudah biobriket untuk terbakar dan menyala.
- *Bulk density*
Ampas tebu dan jerami mempunyai bulk density yang jauh lebih rendah dibandingkan batubara.

Jenis Polutan Yang Dihasilkan Pada Pembakaran Bahan Bakar

Secara teoritis pembakaran bahan bakar menghasilkan CO₂ dan H₂O saja, padahal kenyataannya pembakaran pada bahan bakar banyak yang tidak sempurna dimana akan menimbulkan zat-zat polutan yang berbahaya terhadap kesehatan manusia. Adapun beberapa polutan dari bahan bakar antara lain : sulfur dioksida (SO_x), carbon monoksida (CO), oksida nitrogen (NO_x), oksidan (O₃), hidrokarbon (HC), khlorin (Cl₂), partikel debu, timah hitam (Pb), besi (Fe).

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian



Gambar 1. Flowchart penelitian

Pengumpulan dan Pengolahan Bahan Baku

1. Bahan Penelitian

- Batubara kualitas rendah (*lignite*) yang masih asli dan belum mengalami proses pengolahan.
- Ampas tebu dan jerami.
- Bahan perekat tepung kanji.
- Batu kapur (*limestone*) sebagai pengikat polutan
- Gas LPG, bahan bakar untuk memanaskan tungku pada pembakaran biobriket.

2. Pengolahan Bahan Baku

- Penghalusan batubara menjadi serbuk
- Pencacahan ampas tebu dan jerami menjadi serbuk
- Pembuatan bahan perekat

Pembuatan Biobriket

- Pencampuran bahan baku Batu bara, ampas tebu, jerami, bahan perekat dan batu kapur

dicampur hingga rata dengan komposisi batu bara : *biomass* = 10% : 90%, 33,3% : 66,6%, 50% : 50%. (dalam penelitian ini prosentase bahan perekat dan *limestone* diabaikan dan dianggap homogen).

- Pencetakan biobriket

Bahan baku yang telah tercampur rata dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk silinder dengan diameter 1,5 cm dan tinggi 2,2 cm.

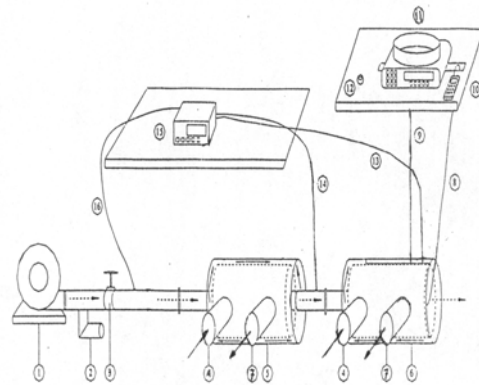
- Pengepresan

Bahan baku dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dilakukan pengepresan dengan tekanan 100 kg/cm² 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.

Adapun biobriket yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2

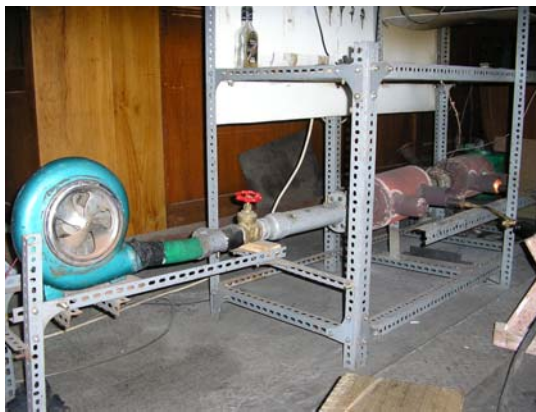


Gambar 2. Biobriket



Keterangan
 → Aliran pemanas LPG
 → Aliran udara

Gambar 3. Sketsa alat uji



Gambar 4. Tempat pembakaran biobriket



Gambar 5. Alat pengepress biobriket



Gambar 6. Cetakan biobriket

Peralatan Yang Digunakan

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini terdapat di Laboratorium

Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta :

- a. Alat Pembakaran Biobriket

Keterangan pada gambar 3 :

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. Termokopel temperatur dinding
9. Kawat penggantung sampel bahan bakar
10. *Digital thermocouple reader*
11. *Electronic professional scale*
12. *Stop wacth*
13. Termokopel temperatur gas pembakaran
14. Termokopel temperatur udara pre-heater
15. *Digital thermocouple reader*
16. Termokopel temperatur udara supply

HASIL DAN PEMBAHASAN

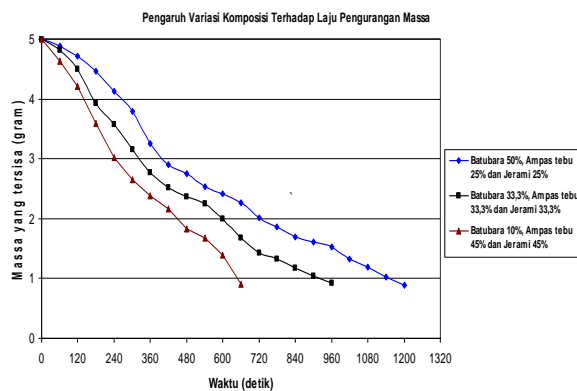
Sifat - sifat bahan dasar

Tabel 1. Sifat-Sifat Bahan Dasar

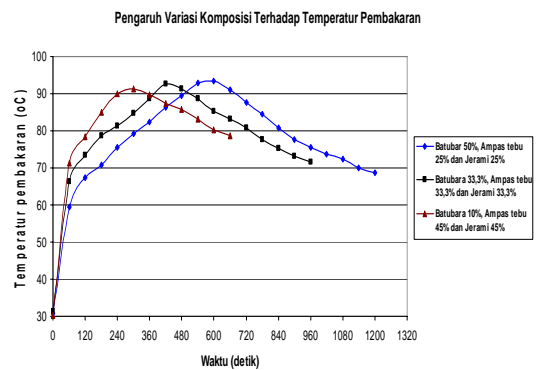
Sifat	Batubara	Ampas tebu	Jerami
Kadar air (%)	14,31	21,18	12.7
Kadar abu (%)	2,02	2,67	18.48
Kadar kabon (%)	69,53	3,5	2.71
Volatile matter (%)	14,14	72,65	66.35
Nilai kalor (kal/kg)	5289,395	3596,98	3456,48

Tabel 2. Polutan Pada Pembakaran Biobriket

Komposisi Briket	Jenis polutan	
	HC (% vol)	CO (% vol)
Batubara 10 % : Biomass 90%	0,0013	0,0031
Batubara 33.3% : Biomass 66,6%	0,0014	0,0037
Batubara 50% : Biomass 50%	0,0015	0,0042



Gambar 7. Grafik laju pengurangan masa



Gambar 8. Tempeatur pembakaran

Grafik Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Laju Pengurangan Massa Pada Pembakaran Biobriket (Batubara : Biomass = 10% : 90%, 33,3% : 66,6%, 50% : 50%)

Analisa yang didapat adalah, dari gambar 7 dan gambar 8 dapat dilihat bahwa laju pembakaran dari masing-masing biobriket tidaklah sama. Pembakaran paling cepat terjadi pada biobriket campuran batubara 10% : biomass 90%, dari titik 0 detik grafik terus meningkat tajam sampai dengan titik maksimal yaitu 240 detik dengan laju pembakaran 0.00991 gram/detik, kemudian turun drastis di titik 360 detik. hal ini dipengaruhi oleh kandungan *volatile matter* di dalam biobriket, semakin banyak kandungan *volatile matter* maka semakin mudah dan cepat untuk terbakar. Namun terjadi fenomena lain dimana grafik laju pembakaran biobriket yang seharusnya terus menurun tetapi kembali naik, walaupun kenaikan tersebut tidak terlalu signifikan. Ini terjadi karena kondisi fisik dari biobriket itu sendiri pada saat pengujian yang tidak terbakar secara merata karena laju udara yang diberikan hanya mengenai sebagian dari sisi biobriket.

Sedangkan grafik untuk biobriket campuran batubara 33,3% dan 50%, kecepatan pembakarannya lebih lambat dibandingkan biobriket dengan campuran batubara yang hanya 10%. Namun laju pembakaran biobriket tersebut menjadi lebih lama seiring dengan bertambahnya kandungan batubara di dalam biobriket, semakin banyak batubara maka semakin lama laju pembakarannya. Hal ini terjadi karena semakin sedikitnya kadar *volatile matter* yang dikandung biobriket tersebut.

Grafik Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Pembakaran Biobriket (Batubara : Biomass = 10% : 90%, 33,3% : 66,6%, 50% : 50%)

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran tertinggi terjadi pada proses pembakaran biobriket dengan komposisi 50% *biomass* : 50% batubara, terlihat dari titik awal temperatur 40,7^o C di 0 detik grafik mulai naik tajam di titik temperatur 69,4^o C hanya dengan selang waktu 60 detik. Kemudian grafik meningkat lagi menuju titik maksimum di 101.7^o C dengan selang waktu 540 detik. Setelah mencapai temperatur tertinggi, pada umumnya suatu pembakaran biobriket akan mengalami penurunan temperatur seiring dengan menyusutnya massa biobriket, dan itu terbukti pada grafik diatas.

Hal yang membedakan dari grafik pada gambar 8 adalah kecepatan dari masing-masing biobriket untuk mencapai temperatur tertinggi, hal ini dipengaruhi oleh kandungan *volatile matter* dan nilai kalor di dalam biobriket. Semakin banyak kandungan nilai kalor maka semakin tinggi suhu maksimalnya, selain itu semakin sedikit kandungan *volatile matter* maka laju pembakaran akan bertahan lebih lama.

Polutan Pada Pembakaran

Dari table 2 terlihat bahwa polusi CO sangat dipengaruhi oleh kandungan C (karbon) dalam bahan dasar penyusun briket, semakin besar prosentase *biomass* pada biobriket maka kandungan emisi polutan CO akan semakin berkurang. Sedangkan untuk polusi HC paling rendah juga dihasilkan dari variasi campuran yang menggunakan prosentase batubara paling rendah.

KESIMPULAN

1. Laju pembakaran biobriket paling cepat adalah pada komposisi *biomass* 90% : batubara 10 %. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan *volatile matter*. Semakin banyak kandungan *volatile matter* suatu biobriket maka semakin mudah

2. biobriket tersebut terbakar, sehingga laju pembakaran semakin cepat.
3. Biobriket dengan tingkat polusi terendah adalah pada komposisi *biomass* 90% : batubara 10%, semakin
4. sedikit kandungan batubara suatu biobriket maka semakin sedikit polutan CO yang dihasilkan, karena semakin sedikitnya karbon yang bereaksi dengan oksigen pada saat pembakaran, dan
5. Penggunaan biobriket untuk kebutuhan sehari-hari sebaiknya digunakan biobriket dengan perbandingan komposisi *biomass* 90% : batubara 10%, karena tingkat polusinya paling rendah dan pencapaian suhu maksimal paling cepat .

DAFTAR PUSTAKA

- Antolin, G., Velasco,E.,Irusta,R.,Segovia,J.J.,1991, *Combustion of Coffe Lignocellulose Waste, Proceedings of First Internasional Conference*, Vilamoura, Portugal.
- Archie, W. Culp. Jr,1984 , *Principle of Energy Conversion*, Missouri-Rolla
- Damardjati, D.S., 1991, *Pusat penelitian dan pengembangan tanaman pangan* , IPB, Bogor.
- Fastabiqul Khoerot., 2005, *Pengaruh Tekanan Terhadap Laju Pembakaran Dan Temperatur Pembakaran Biobricket (campuran sabut kelapa dan batubara) dengan variasi tekanan 50 kg/cm², 75 kg/cm² dan 100 kg/cm²* . Tugas Akhir, FT UMS.
- Himawanto, D.A., 2003, *Pengolahan Limbah Pertanian menjadi Biobriket sebagai salah satu Bahan Bakar Alternatif* . Penelitian UNS.
- Joko, S., 2005, *Pengolahan Sampah Kota menjadi biobriket sebagai salah satu bahan bakar alternative*, Tugas Akhir, FT UMS.
- Naruse,I.,Gani,A.,Morishita,K.,2001,*Fundamental Characteristic on Co-Combustion of Low Rank Coal with Biomass*, Pittsburg.
- Sudradjat, R., 2001, *The Potensial of Biomass Energy Resources in Indonesia for the Possible Development of Clean Technology Process (CPT)*, Jakarta .
- Sukandarumidi, 1995, *Batubara dan gambut*, UGM Pres.
- Samsul, M., 2004, *Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa Dan Penggunaan Perekat Terhadap Sifat-Sifat Fisika Dan Kimia Briket Arang Dari Arang serbuk Kayu Sengon*, UGM.