

MEDIA MESIN ISSN: 1411-4348

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Volume 17, Nomor 1, Januari 2016

DAFTAR ISI

Daftar Isi	i
Prakata	ii
KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN AMPAS AREN, SEKAM PADI, DAN BATUBARA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF	
<i>Joko Triyanto, Subroto, Marwan Effendy</i>	1-7
STUDI DISTRIBUSI TEKANAN ALIRAN MELALUI PENGECILAN SALURAN SECARA MENDADAK DENGAN BELOKAN PADA PENAMPANG SEGI EMPAT	
<i>Sarjito, Subroto, Arif Kurniawan</i>	8-22
ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI PROSES PENGGILINGAN KEDELAI DENGAN PENGGERAK MESIN DIESEL DAN MOTOR LISTRIK PADA INDUSTRI TAHU	
<i>Sartono Putro</i>	23-33
PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BIOBRIKET CAMPURAN ARANG KAYU DAN SEKAM PADI TERHADAP LAJU PEMBAKARAN, TEMPERATUR PEMBAKARAN DAN LAJU PENGURANGAN MASA	
<i>Subroto, Tri Tjahjono, Andrew MKR</i>	34-43
PREDIKSI SPRINGBACK PADA PROSES DEEP DRAWING DENGAN PELAT JENIS TAILORED BLANK MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA	
<i>Tri Widodo Besar Riyadi, Alfian Safaat, Bambang Waluyo Febriantoko</i>	44-54

PRAKATA

Surakarta, Januari 2016

Redaksi

KARAKTERISTIK PEMBAKARAN BIOBRIKET CAMPURAN AMPAS AREN, SEKAM PADI, DAN BATUBARA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Joko Triyanto, Subroto, Marwan Effendy

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

Email : subroto@ums.ac.id

ABSTRAK

Biomassa (ampas aren dan sekam padi) merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomassa yang berasal dari limbah pertanian ini menjadi masalah umum didaerah pedesaan karena mengganggu lingkungan. Sehingga perlu dilakukan penelitian yang mampu untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang terjadi, dengan menjadikan biomassa (ampas aren dan sekam padi) sebagai bahan dasar biobriket

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan bahan dasar berupa ampas aren, sekam padi, dan batubara, serta aspal sebagai bahan perekat, setelah itu dilakukan uji proximate bahan dasar. Pembuatan biobriket dengan komposisi 100% ampas aren; 100% sekam padi; 40% ampas aren, 40% sekam padi, dan 20% batubara; 30% ampas aren, 30% sekam padi, dan 40% batubara; 20% ampas aren, 20% sekam padi, dan 60% batubara; dan 100% batubara serta bahan perekat aspal 10% dari berat total biobriket. Biobriket dibuat dengan berat 5 gram. Setelah itu dilakukan pengujian karakteristik pembakaran, yang meliputi penurunan massa, laju pembakaran, dan temperatur pembakaran biobriket.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur tertinggi pembakaran dihasilkan oleh biobriket dengan komposisi 100% batubara. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar komposisi batubara, maka temperatur biobriket yang dihasilkan semakin tinggi. Tingginya kadar karbon pada batubara akan membuat temperatur puncak yang akan dicapai semakin lama. Sedangkan penurunan massa paling cepat terjadi pada komposisi 100% ampas aren dan 100% sekam padi, hal ini dikarenakan ampas aren dan sekam padi mempunyai volatile matter tinggi sehingga menyebabkan mudah terbakar.

Kata kunci : Batubara, Ampas aren, Sekam padi, Biobriket

PENDAHULUAN

Biomassa merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomassa yang berasal dari limbah pertanian selama ini menjadi masalah umum didaerah pedesaan karena mengganggu lingkungan. Sebagai contohnya adalah ampas aren dan sekam padi.

Ampas aren merupakan hasil samping pemerahan batang pohon aren muda yang diambil tepungnya. Setelah batang pohon aren diambil tepungnya maka yang sisa hanya ampasnya yang tidak dapat digunakan.

Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi. Diperkirakan saat

ini penggunaan sekam padi belum maksimal masih sebatas pada beberapa hal seperti untuk campuran makanan ternak dan bahan bakar pembuatan batubata, sedangkan produksi padi di Indonesia semakin banyak.

Disisi lain, Indonesia memiliki cadangan batubara yang cukup besar untuk memasok energi selama ratusan tahun. Namun selama ini batubara hanya menyumbang sekitar 14% dari total konsumsi energi nasional, jauh dibawah permintaan BBM. Situasi tersebut mengakibatkan produksi batubara dalam negeri kurang optimal [1].

BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini masalah yang diteliti adalah kandungan bahan dasar dan karakteristik pembakaran biomassa 100% ampas aren dan 100% sekam padi, biobriket campuran 40% ampas aren, 40% sekam padi, 20% batubara; 30% ampas aren, 30% sekam padi, 40% batubara; dan 20% ampas aren, 20% sekam padi, 60% batubara; serta 100% briket batubara, dengan bahan perekat aspal.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah:

- a. Membuat biobriket campuran ampas aren, sekam padi, dan batubara.
- b. Menguji karakteristik pembakaran biobriket.
- c. Meneliti sifat dasar bahan biobriket.

TINJAUAN PUSTAKA

Tekmira [1] telah menghasilkan produk unggulan berupa biobriket yang terbuat dari 76% batubara, 19% biomassa dan 5% kapur. Biobriket ini memiliki keunggulan lebih mudah dinyalakan dan digunakan, asap dan emisi gasnya lebih sedikit, serta menghasilkan panas dengan suhu relatif tinggi.

Rahman, 2005 [2] meneliti briket sekam padi dan arang dengan komposisi arang 70%, 60% dan 50% , mengatakan briket dengan komposisi 50% sekam padi dan 50% arang kayu mempunyai penurunan massa paling cepat saat pembakaran. Hal ini disebabkan kadar *volatile matter* pada sekam padi lebih tinggi dibandingkan arang kayu. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa kadar *volatile matter* berpengaruh dalam pembakaran.

DASAR TEORI

1. Batubara [3,4]

Batubara adalah mineral organik yang dapat terbakar, terbentuk dari sisa tumbuhan purba yang mengendap, yang selanjutnya berubah bentuk akibat proses fisika dan kimia yang berlangsung selama jutaan tahun. Faktor tumbuhan purba yang jenisnya berbeda-beda sesuai dengan zaman geologi dan lokasi tempat tumbuh dan berkembangnya, ditambah dengan lokasi pengendapan (*sedimentasi*) tumbuhan, pengaruh tekanan batuan dan panas bumi serta perubahan geologi yang berlangsung kemudian, akan menyebabkan terbentuknya batubara yang jenisnya bermacam-macam. Proses awalnya, endapan tumbuhan berubah menjadi gambut (*peat*), yang selanjutnya berubah menjadi batubara muda (*lignit*) atau disebut juga batubara coklat (*brown coal*). Setelah mendapat pengaruh suhu dan tekanan yang terus-menerus selama jutaan tahun, maka batubara muda akan mengalami perubahan yang secara bertahap menambah maturitas organiknya dan mengubah batubara muda menjadi batubara sub bituminus (*sub bituminous*). Perubahan kimiawi dan fisika terus berlangsung hingga batubara menjadi lebih keras dan warnanya lebih hitam, sehingga membentuk bituminus (*bituminous*) atau antrasit (*anthracite*). Dalam kondisi yang tepat, peningkatan maturitas organik yang semakin tinggi terus berlangsung hingga membentuk antrasit.

2. Pembakaran Batubara [3,4]

Beberapa tahapan dalam pembakaran batubara adalah sebagai berikut:

a. Pengeringan

Pengeringan merupakan tahap awal proses pembakaran batubara. Dalam proses ini batubara mengalami proses kenaikan temperatur yang akan mengakibatkan menguapnya kadar air yang berada pada permukaan batubara itu, sedangkan kadar air yang berada di dalam akan menguap melalui pori-pori batubara tersebut.

b. Devolatilisasi

Devolatilisasi adalah proses batubara mulai mengalami dekomposisi setelah terjadi pengeringan. Proses dekomposisi merupakan peristiwa pecahnya ikatan kimia secara thermal dan *volatile matter* (yang merupakan hasil proses devolatilisasi) keluar dari partikel.

c. Pembakaran Arang

Sisa dari pirolisis adalah arang (*fix carbon*) dan sedikit abu.

3. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembakaran Batubara [3,4]

Dalam proses pembakaran batubara terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi pembakaran batubara, antara lain:

a. Ukuran Partikel

b. Kecepatan Aliran Udara

c. Jumlah Udara Pembakaran

d. Temperatur Udara Pembakaran

e. Karakteristik Batubara, yang terdiri dari: Kadar Air, Kadar Abu, Zat-zat yang mudah menguap (*Volatile Matter*), Kadar Kalori dan Temperatur penyalaan

4. Ampas Aren

Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup dimana biji buahnya terbungkus daging buah. Pohon Aren banyak terdapat di seluruh wilayah Indonesia.

Dari hasil proses pengolahan aren, maka dihasilkan hasil sisa/ limbah yang berupa:

a. Ampas Serbuk

Limbah serbuk yang diperoleh dari serbuk yang sudah diambil tepungnya. Serbuk tersebut dapat dipisah-pisahkan menjadi 3 macam, yaitu serbuk-serbuk kecil, serbuk-serbuk besar dan serat-serat panjang. Dari ketiga jenis serat dan serbuk tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar.

b. Kulit Batang

Seperti diketahui bahwa yang mengandung tepung adalah empulur batang pohon aren, sehingga batang pohon aren yang sudah diambil empulurnya tinggal kulit dalam dan kulit luar batang.

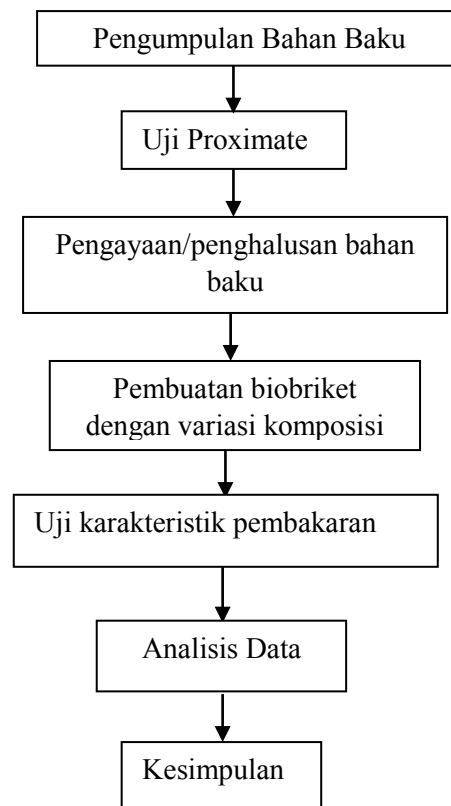
5. Sekam Padi

Sekam atau kulit terluar dari gabah masih dianggap sampah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Di tiap penggilingan padi (*huler*) masih sering terlihat bertumpuk hingga membukit sekam padi. Sampai saat ini pemanfaatan terbesar sekam adalah sebagai pengisi dan pembakar bata merah yang merupakan industri rakyat di pedesaan pada saat musim paceklik atau kemarau panjang. Industri penggilingan padi yang ada di Indonesia mampu mengolah lebih dari 40 juta ton gabah menjadi beras giling dengan rendemen 66-80%. Bila kondisi ini berjalan sesuai dengan kapasitasnya, terdapat sekam yang dapat mengganggu lingkungan sebesar 8 juta ton. Angka ramalan (Aram II) tahun 2004 BPS memperkirakan jumlah produksi gabah kering giling (GKG) sebanyak 53,7 juta ton atau setara dengan 33,92

juta ton beras dan sekitar 10,7 juta ton sekam.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Bahan Penelitian

Dalam penelitian karakteristik pembakaran biobriket, bahan yang dipergunakan meliputi:

1. Batubara
2. Ampas aren
3. Sekam Padi
4. Aspal, sebagai bahan perekat.

Alat- alat Penelitian

1. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
2. Alat penghalus batubara
3. Alat penghalus sekam padi (*blender*)
4. Alat pengepres biobriket
5. Timbangan digital
6. Tungku pembakaran
7. Anemometer digital
8. *Thermocouple* dan *thermocouple digital*



(1)



(2)



(3)



(4)

Gambar 2. (1) Alat pengepres biobriket, (2) Timbangan digital, (3) Tungku pembakaran, dan (4) Termocouple digital

Jalannya Penelitian

1. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang dilakukan dengan uji laboratorium dengan tahap penelitian sebagai berikut :
2. Tahap pertama adalah pengumpulan bahan baku. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas aren, sekam padi, dan batubara.
3. Tahap kedua adalah pengujian kandungan bahan dasar dengan uji proximate. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Pusat Studi Pangan dan Gizi UGM.
4. Tahap ketiga adalah pembuatan biobriket untuk penelitian. Biobriket dibuat bentuk silinder dengan diameter 28 mm dan berat 5 gram untuk uji pembakaran
5. Tahap keempat adalah Pengujian pembakaran. Pengujian pembakaran adalah membakar biobriket didalam tungku pembakaran. Data penelitian yang dicatat adalah temperatur benda uji didalam tungku dan penurunan massanya. Pengambilan data ini dilakukan setiap 2 menit sekali sampai tidak mengalami pengurangan massa lagi selama beberapa menit (konstan).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Pengujian Kandungan Bahan Dasar

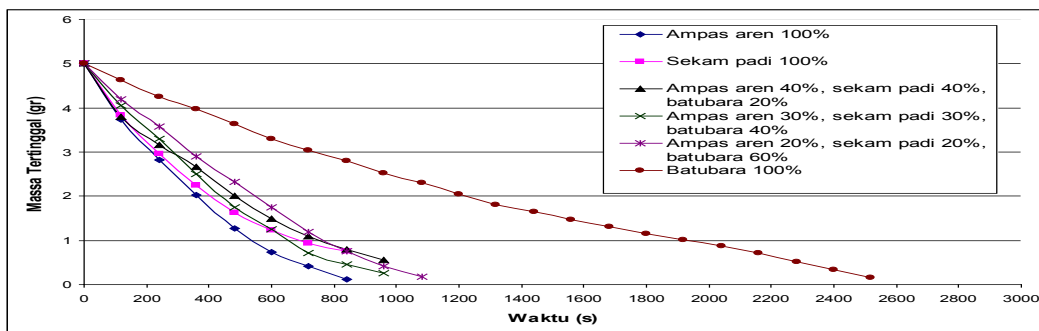
Tabel 1. Hasil Pengujian sifat bahan dasar

Sifat	Batubara	Ampas aren	Sekam padi
Kadar air (%)	2,89	13,41	10,25
Kadar abu (%)	3,6	1,78	15,93
Kadar karbon (%)	74,43	2,68	4,43
Volatile matter(%)	19,08	82,13	69,39
Nilai kalori (kal/kg)	6449,69	3296,8	3386,3

Dari tabel 1. dapat dilihat perbandingan antara sifat dasar ampas aren, sekam padi, dan batubara yang dapat dijadikan bahan bakar. Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai *volatile matter* ampas aren dan sekam padi lebih tinggi dibandingkan dengan batubara, sehingga ampas aren dan sekam padi lebih mudah terbakar. Karena kadar *volatile matter* yang tinggi akan memudahkan proses pembakaran atau titik nyala lebih rendah.

Nilai kalor tertinggi dimiliki oleh batubara, sedangkan untuk ampas aren dan sekam padi memiliki nilai kalor yang lebih rendah, nilai kalor ini akan berpengaruh besar terhadap temperatur pembakaran. Semakin tinggi nilai kalor, maka semakin tinggi pula temperatur yang dihasilkan.

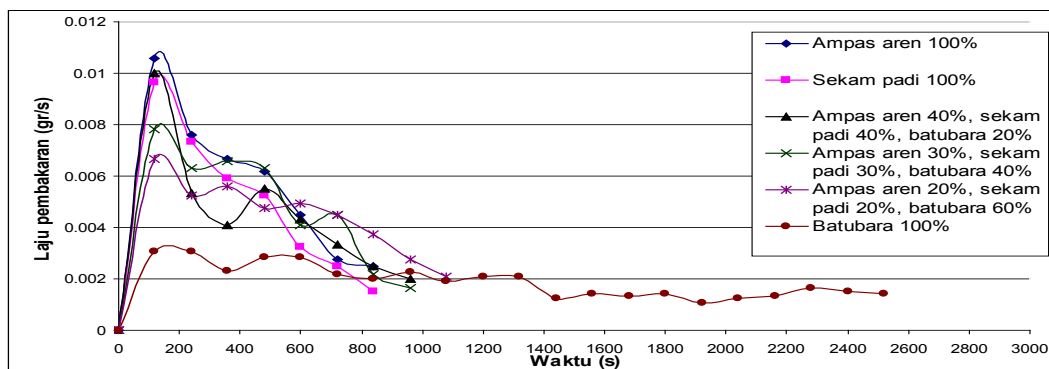
2. Hasil Pengujian Pembakaran



Gambar 3. Grafik hubungan penurunan massa dengan waktu

Dari gambar 3. terlihat bahwa terdapat perbedaan untuk campuran biomassa (ampas aren dan sekam padi) dengan batubara. Semakin banyak kandungan biomassa (ampas aren dan sekam padi) didalam biobriket, maka semakin cepat penurunan massanya. Hal ini jelas terlihat pada biobriket berbahan 100% ampas aren dan 100% sekam padi, karena nilai *volatile matter* yang terkandung di dalam komposisi 100% ampas aren dan 100% sekam padi cukup besar sehingga menyebabkan biobriket mudah menyala dan cepat terbakar habis.

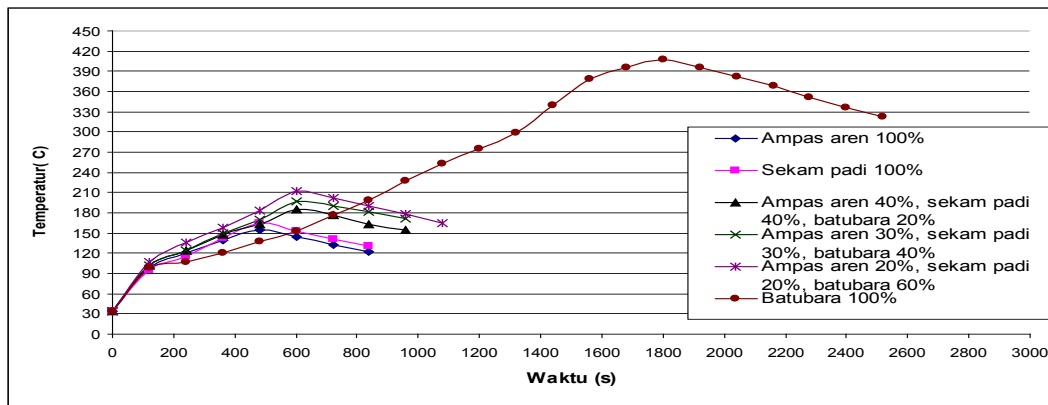
Untuk komposisi 100% batubara penurunan massanya paling lama, hal ini dikarenakan tingginya nilai fixed karbon yang dimiliki oleh batubara, sehingga proses pembakarannya memerlukan waktu yang lama.



Gambar 4. Grafik hubungan laju pembakaran dengan waktu

Dari gambar 4. terlihat bahwa biobriket dengan campuran 100% ampas aren dan 100% sekam padi mempunyai laju pembakaran yang tinggi. Ini disebabkan massa yang tercampur pada komposisi tersebut mudah sekali terbakar, karena mengandung nilai *volatile matter* yang tinggi, sedangkan pada komposisi 100% batubara laju pembakarannya rendah. Ini

disebabkan kadar fixed carbon dalam batubara besar dan nilai *volatile matter* yang rendah, sehingga biobriket akan semakin sulit terbakar dan memakan waktu yang cukup lama.



Gambar 5. Grafik hubungan temperatur pembakaran dengan waktu

Dari gambar 5. terlihat bahwa temperatur pembakaran tertinggi terjadi pada komposisi 100% batubara. Hal ini disebabkan batubara mempunyai nilai kalori yang tinggi dibandingkan ampas aren dan sekam padi. Semakin naiknya kadar batubara dalam biobriket akan menyebabkan semakin tingginya temperatur pembakaran yang dihasilkan. Ini dikarenakan dengan semakin besarnya kadar batubara didalam biobriket, maka kandungan kalori biobriket juga akan semakin besar. Sedangkan semakin besar kandungan fixed karbon dalam biobriket, maka temperatur puncak akan dicapai dalam waktu yang lama.

KESIMPULAN

1. Ampas aren dan sekam padi memiliki sifat mudah terbakar, karena mengandung zat *volatile matter* yang tinggi. Sedangkan batubara memiliki sifat sulit terbakar, karena kandungan *volatile matter*-nya rendah dan fixed karbonnya tinggi, tetapi memiliki nilai kalor tinggi yang menghasilkan temperatur yang tinggi pula.
2. Biobriket campuran biomassa dan batubara akan menentukan karakteristik pembakaran. Biomassa yang mempunyai *volatile matter* yang tinggi dan batubara yang mempunyai nilai kalor yang tinggi akan saling mendukung dan menghasilkan pembakaran yang baik.
3. Biobriket dengan campuran 20% ampas aren, 20% sekam padi, dan 60% batubara bisa menjadi pilihan, karena mempunyai sifat mudah menyala dan temperaturnya tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] www.tekMIRA.esdm.go.id 8/8/2007
- [2] Rachman, 2005, Pengaruh Variasi Jenis Biomass Ampas Tebu Dan Sekam Padi Terhadap Karakteristik Pembakaran Biobriket. Tugas Akhir, UMS, Surakarta.
- [3] Raharjo, 2006, Mengenal Batubara. Artikel Iptek-Bidang Energi Dan Sumber Daya Alam.
- [4] Sukandarrumidi, 1995, Batubara dan Gambut, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

STUDI DISTRIBUSI TEKANAN ALIRAN MELALUI PENGECILAN SALURAN SECARA MENDADAK DENGAN BELOKAN PADA PENAMPANG SEGI EMPAT

Sarjito, Subroto, Arif Kurniawan

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl. A Yani, Pabelan, Kartosuro, Tromol Pos I, Surakarta. Telp. (0271) 715448.

E-mail : sarjito@ums.ac.id

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari distribusi tekanan dan penurunan tekanan pada aliran satu fase, melalui penampang pipa persegi dengan belokan (*elbow*) dan mengalami pengecilan saluran (*sudden contraction*) ditinjau dari berbagai sudut pandang. Rasio pengecilan saluran yang dipakai adalah $S = 0.6$, $S = 0.667$ dan $S = 0.8$

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan fluida melalui rotameter sebelum masuk seksi uji. Kemudian, Debit aliran yang dipakai sebagai parameter yang divariasi dalam penelitian ini, yaitu 2 gpm, 4 gpm dan 8 gpm. Dengan menggunakan fluida satu fase yang berupa air. Titik pengukuran tinggi tekanan diambil pada bagian dinding depan dan dinding samping seksi uji. Pada bagian depan seksi uji, diambil 15 titik pengukuran sebelum dinding kontraksi dan 15 titik pengukuran sesudah dinding kontraksi. Pada bagian dinding samping seksi uji, diambil 9 titik pengukuran sebelum dinding kontraksi dan 9 titik pengukuran sesudah dinding kontraksi.

Penelitian menghasilkan bahwa setiap kenaikan kecepatan selalu diikuti dengan penurunan tekanan, begitu juga sebaliknya. Pada pipa ($S = 0,6$ dengan debit 8gpm, sebelum kontraksi mempunyai kecepatan (v_1) = 0.0683 m/s dan tekanan 109 Kg/m² pada sumbu saluran (titik 3c), kemudian setelah melewati dinding kontraksi tekanan turun menjadi -30 Kg/m² pada kecepatan aliran (v_2) = 0.1896 m/s. Ketika aliran mendekati sudut belokan (90°) terjadi peningkatan tekanan karena adanya perlambatan aliran. Debit aliran berpengaruh pada besarnya tekanan, semakin besar debit aliran semakin besar juga tekanan yang dapat di ukur. Pada debit aliran (Q) 4 GPM dalam saluran rasio 0,667, aliran masuk bertekanan 85 Kg/m² ketika debit dinaikkan menjadi 8 GPM tekanan naik menjadi 133 Kg/m². Namun semakin jauh posisi aliran dari dasar pipa maka akan semakin kecil tekanannya. Semakin besar luas penampang pipa maka akan semakin kecil Bilangan Reynoldnya, untuk rasio pengecilan 0,6 pipa outlet ($A = 0.0025\text{m}^2$) pada $Q = 0.000171\text{m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 3379.53795$, pada rasio pengecilan 0,667 ($A = 0.0016\text{m}^2$) pada $Q = 0.000171\text{m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 4224.42244$ dan untuk rasio pengecilan 0,8 pipa outlet ($A = 0.0016\text{m}^2$) pada debit (Q) = 0.000171 m³/det diperoleh harga $Re = 4224.42244$. Bilangan Reynolds juga akan naik seiring dengan besarnya debit aliran.

Kata kunci : penampang persegi, air, belokan (*elbow*), pengecilan saluran (*sudden contraction*).

PENDAHULUAN

Peran fluida sangat penting dalam kehidupan manusia, baik sebagai alat penunjang untuk mempermudah aktifitas maupun dalam sirkulasi cairan tubuh manusia itu sendiri. Sebagai

alat penunjang, fluida sering dipakai dalam berbagai bidang industri untuk Transportasi hidrolik, demikian juga dalam industri kimia, perminyakan, PDAM dan lain-lain. Hal ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain : ramah terhadap lingkungan, peralatan relatif sederhana, biaya operasi dan perawatan yang murah. Dan proses pemindahan fluida umumnya dilakukan melalui suatu media berupa jaringan pipa atau sistem pipa.

Pipa merupakan saluran tertutup yang biasanya berpenampang lingkaran dan digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh. Fluida yang dialirkan melalui pipa bisa berupa zat cair atau gas, tekanan bisa lebih besar atau lebih kecil dari tekanan atmosfer [1]. Dalam sistem pipa, banyak sekali persoalan yang dialami oleh aliran didalamnya. Salah satunya adalah masalah pengecilan penampang secara mendadak. Selain itu, juga ada masalah pembelokan dari system jaringan pipa itu sendiri. Dan ini sangat berpengaruh terhadap lancar tidaknya aliran didalam pipa. Tentunya juga mempengaruhi efisiensi dan produktifitas dalam industri.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mengkaji perubahan pola aliran terhadap perubahan bentuk penampang dan dimensi saluran, hal ini dilakukan untuk mengetahui berbagai karakteristik pola aliran yang terjadi pada saluran pipa. Disini peneliti mencoba mencari variasi baru dari system perpipaan, yaitu dengan menggunakan pipa berpenampang persegi dengan melalui pengecilan saluran secara mendadak dan belokan. Sepengetahuan peneliti riset tentang hal ini belum banyak dilakukan.

PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana kondisi karakteristik aliran fluida air (satu fase) ketika dialirkan dengan mengalami pengecilan penampang secara mendadak (*sudden contraction*) dan dilewatkan pada sebuah belokan (*elbow*) dengan sudut 90° ?

BATASAN MASALAH

Ruang lingkup penelitian yang akan dilakukan, yaitu :

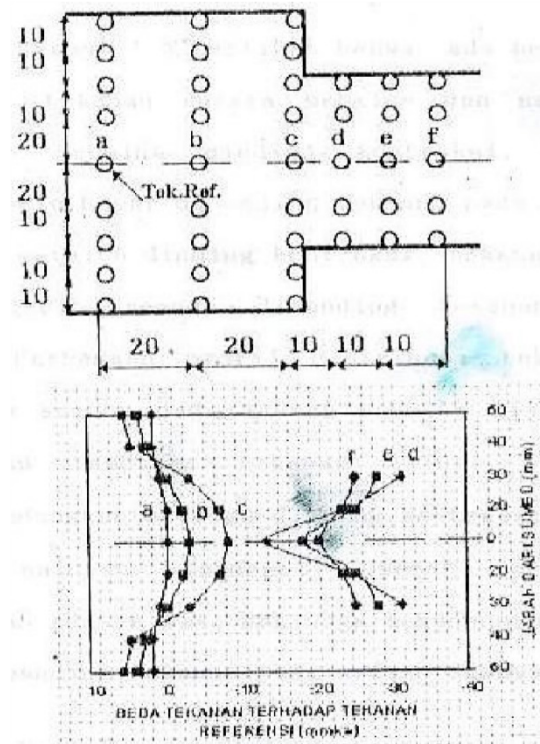
1. Eksperimen dibatasi hanya untuk aliran satu fase dengan menggunakan fluida cair berupa air bersih.
2. Pipa yang digunakan adalah saluran pipa persegi dengan belokan vertikal ke atas yang berupa pengecilan mendadak (*sudden contraction*).
3. Analisis pola aliran dan perilaku dinamika fluida pada saluran atau instalasi dilakukan dengan cara eksperimental.
4. Variasi parameter dan benda uji dilakukan pada posisi saluran pengeluaran setelah rotameter.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi tekanan dan penurunan tekanan yang terjadi pada fluida air (satu fase) ketika dilewatkan pada saluran penampang persegi dengan belokan dan mengalami kontraksi saluran.

TINJAUAN PUSTAKA

Sumarli (2000) [2], melakukan penelitian aliran fluida air dalam pipa persegi yang mengalami kontraksi mendadak. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada daerah transisi sebelum dinding kontraksi, tekanan statik pada batas saluran lebih besar dibanding tekanan pada sumbu saluran. Sedangkan setelah melewati dinding kontraksi, tekanan static pada batas saluran lebih rendah dibanding tekanan pada sumbu saluran, hal tersebut ditunjukkan pada gambar 1.



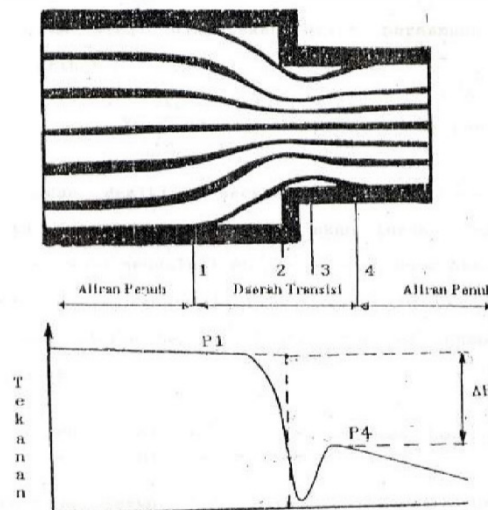
Gambar 1. Distribusi tekanan arah tegak lurus sumbu saluran. [2]

Harjanto (2003) [3] melakukan eksperimen untuk menguji kekasaran pipa pada beberapa produk yang berlainan dan diameter yang berbeda, kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan dan analisisnya adalah :

1. Koefisien gesekan pada saluran pipa PVC berbanding terbalik dengan kerugian tenaga aliran.
2. Koefisien gesekan pada saluran dipengaruhi oleh kecepatan, tekanan serta laju aliran volumetrik.
3. Apabila debit naik, angka Reynolds pun naik, begitu juga beda tekanan dan rugi head.
4. Semakin kecil luas penampang yang dilewati aliran fluida semakin besar kerugian gesekan yang terjadi

Aliran Fluida Melalui Pengecilan Saluran dan Mengalami Belokan.

Pada gambar 2 bagian atas ditunjukkan garis arus atau streamline pada batas dinding saluran. Garis arus adalah garis yang setiap saat menjadi tempat singgungan vektor-vektor kecepatan. Pada saat memasuki daerah transisi (penampang 1), aliran mulai memisahkan diri dari dinding saluran dan mengalami kontraksi sampai pada luas aliran terkecil yang disebut *vena Contracta* (penampang 3). Setelah itu, aliran mengalami ekspansi sampai pada penampang 4 dimana aliran yang sebelumnya terpisah lalu bertemu kembali dengan dinding saluran sehingga aliran memenuhi luasan saluran.



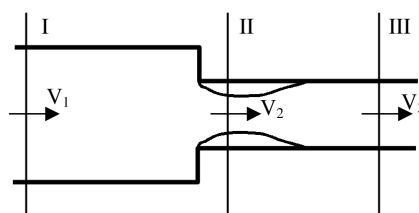
Gambar 2. Garis Alir pada Batas [4]

Saluran dan Tekanan pada Sumbu Saluran

Menurut hukum kekekalan energi perubahan pada salah satu bentuk energi akan diikuti oleh perubahan pada bentuk energi yang lain. Hubungan antara perubahan tekanan dan kecepatan dinyatakan dalam persamaan Bernoulli sebagai berikut :

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2 \quad (1)$$

Dengan demikian secara teoritis aliran yang mengalami percepatan, tekanannya akan turun. Sedangkan pada aliran yang mengalami kecepatan rendah (*ekspansi*) tekanannya akan naik. Oleh karena itu secara teoritis gambar profil tekanan pada sumbu saluran seperti ditunjukkan pada gambar 2. bagian bawah. Dalam penyempitan mendadak kerugian kecil timbul antara penampang I dan II (Gambar 3), dimana aliran memencar. Pada penampang II sebuah *vena contracta* terbentuk, dalam hal lain kalau pemasukan ke pipa yang lebih kecil dilengkungkan dengan baik, maka kerugian dikurangi benar sampai nol sehingga tidak terbentuk *vena contracta*.



Gambar 3. Pengecilan Mendadak [4]

Penurunan Tekanan

Penurunan tekanan (*Pressure drop*) dapat disebabkan oleh adanya gesekan, gravitasi, belokan dan perubahan kecepatan.

Pengukuran Tekanan

Fluida yang mengalir dalam saluran memiliki empat macam tekanan, yaitu sebagai berikut:

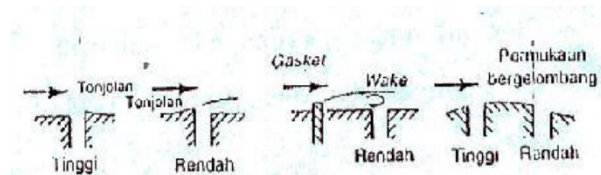
1. Tekanan statik (P) adalah tekanan yang diukur pada arahnya tegak lurus aliran. Untuk

menentukan tekanan ini, dapat digunakan Persamaan Hidrostatik berikut :

$P = P^o + h \gamma$ 2 Terlihat, tekanan statik terdiri dari tekanan-luar (P^o) yang bekerja pada bidang batas zat cair dan tekanan akibat beratnya zat cair yang berada diatas luasan yang kita tinjau.

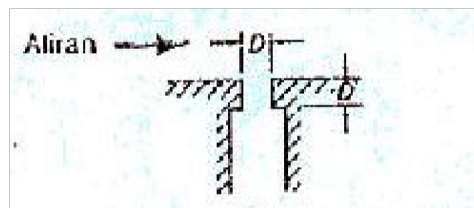
2. Tekanan dinamik (P_v) adalah tekanan yang besarnya ekuivalen dengan energi kinetik.
3. Tekanan stagnasi (P_o) adalah tekanan yang merupakan jumlah dari tekanan statik dengan energi kinetik.

Dalam penelitian ini tekanan yang diukur adalah tekanan statik. Cara mengukur tekanan statik adalah dengan membuat lubang berdiameter 3 mm, kemudian menghubungkan lubang tersebut dengan pipa manometer. Tinggi air dalam pipa manometer menunjukkan tekanan statik pada lubang yang diukur. Jika dalam membuat lubang tidak benar, misalnya posisinya tidak tegak lurus aliran, maka hasil pengukurannya tidak akan akurat. Beberapa contoh pembuatan lubang yang salah ditunjukkan pada gambar 4. Pada gambar 4 disebutkan bahwa penempatan lubang pada dinding yang tidak rata dapat menghasilkan tekanan yang lebih rendah atau lebih tinggi dari tekanan statik yang sebenarnya.



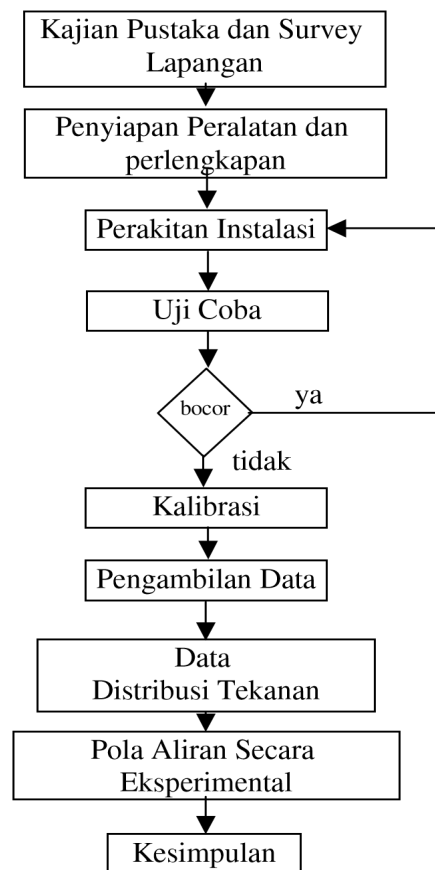
Gambar 4. Lubang Pengukuran Tekanan yang Salah. [5]

Misalnya pada permukaan yang bergelombang, lubang yang ditempatkan sebelum permukaan menonjol menghasilkan tekanan yang tinggi. Sedangkan lubang yang ditempatkan sesudah permukaan menonjol menghasilkan tekanan yang rendah. Hal ini dikarenakan permukaan saluran yang menonjol menyebabkan terjadinya perubahan arah garis arus sehingga posisi lubang tidak lagi tegak lurus pada arah aliran. Gambar 5 menunjukkan pembuatan lubang pengukuran yang benar.



Gambar 5. Lubang Pengukuran Tekanan yang Benar. [5]

METODE PENELITIAN



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Seksi Uji

a. Bahan pembuatan seksi uji :

1. Plexiglass lembaran dengan ukuran 1700 mm X 980 mm, tebal 5 mm.
2. Resin 108 (bening super).
3. Katalis.
4. Lem silicon.
5. Lem acrylic

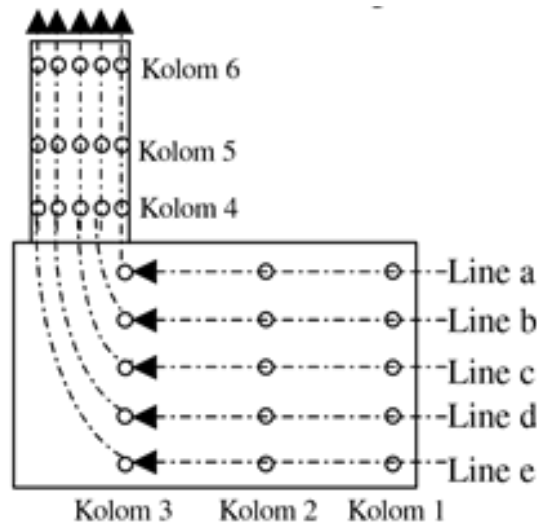
b. Proses Pembuatan Seksi Uji

Dalam penelitian ini, seksi uji dibuat dengan panjang total kurang lebih 1600 mm. Mula-mula plexiglass lembaran dengan ukuran 1700 mm x 980 mm dipotong dengan ukuran 60 mm sebanyak 4 lembar, 50 mm sebanyak 8 lembar, 40 mm sebanyak 8 lembar, dan 30 mm sebanyak 4 lembar. Dengan arah melebar dari ukuran aslinya. Untuk membuat pipa persegi, digunakan lem khusus (lem acrylic) yang dapat menyatukan sisi tebal dari plexiglass tersebut, mula-mula lembaran plexiglass yang telah dipotong pada masing-masing sisi tebalnya dijadikan satu sehingga membentuk sudut 90^0 kemudian disuntik dengan lem acrylic pada bagian yang berhubungan. Begitu seterusnya sampai terbentuk pipa persegi.

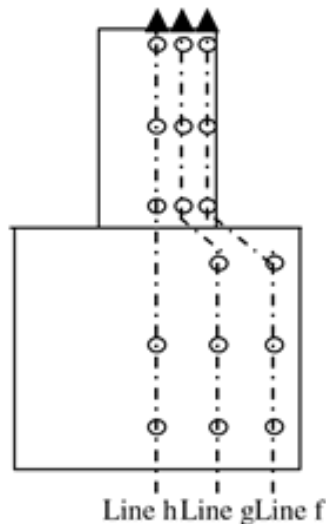
Padapenyambunganseksiujidigunakan sistemconnectingpipe. Proses penyambungannya yaitu pipa plexiglass yang mempunyai lebar 60 mm dan 50 mm dibuatkan suatu penahan karet dengan ukuran suaian paksa terhadap pipa, yang dimasukkan kedalam pipa plexiglass dengan kedalaman kurang lebih 3 - 4 mm. Sela-sela antara karet penahan dan dinding pipa plexiglass diolesi dengan lem silicon dengan tebal kurang lebih 1 mm, hal ini dilakukan agar

saat dilakukan pengecoran tidak terjadi kebocoran.

Untuk mendapatkan permukaan dalam cetakkan yang rata dan halus pada pipa plexiglass, maka digunakan mika plastik dengan tebal 1 mm yang dimasukkan kedalam pipa plexiglass dengan ukuran diameter sama dengan diameter masing-masing pipa plexiglass. Kemudian pipa plexiglass yang berukuran 40 mm dan 30 mm dimasukkan kedalam pipa plexiglass yang berukuran 60 mm dan 50 mm, sebelumnya dibuat garis titik pusat pada mika plastik yang fungsinya untuk membuat sambungan tepat pada pusatnya. Kemudian disiapkan formula resin dan katalis, untuk dilakukan pengecoran pada pipa plexiglass yang telah dikondisikan. Untuk mengukur perubahan tekanan pada pengecilan pipa dibuat lubang dengan diameter 3 mm untuk dihubungkan dengan pipa manometer. Jumlah total dari titik pengukuran yang dibuat adalah 48 titik/lubang.



Gambar 7. Posisi lubang pandangan depan



Gambar 8. Posisi lubang pandangan samping

Bahan-bahan Penelitian

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Fluida cair = air bersih
2. Cairan berwarna = pewarna makanan

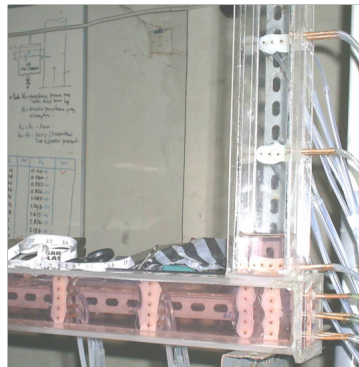
Alat-alat Penelitian

1. Pompa, Digunakan untuk mengalirkan fluida dari bak penampungan I menuju rotameter, kemudian diteruskan ke seksi uji.
2. Flowmeter air Flowmeter atau Rotameter merupakan alat ukur debit aliran. Alat ini digunakan untuk mengetahui besar debit aliran yang mengalir didalam pipa, serta digunakan untuk membuat variasi debit dalam penelitian.



Gambar 9. Alat ukur Rotameter/Flow meter

3. Seksi uji, Seksi uji berupa Pipa persegi dengan belokan pada sudut 90° , dengan posisi Horizontal pada pipa besar (*inlet*) dan Vertikal pada pipa kecil (*outlet*). Ada 3 variasi pengecilan untuk digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 10. Seksi uji

4. Manometer kolom air untuk mengukur beda tekanan pada seksi uji., Manometer kolom merupakan alat ukur untuk mengetahui nilai tekanan. Dalam penelitian ini akan digunakan manometer kolom air dengan jenis *Piezometer*. Alat ini dipilih karena faktor efisiensi dan kemudahan.

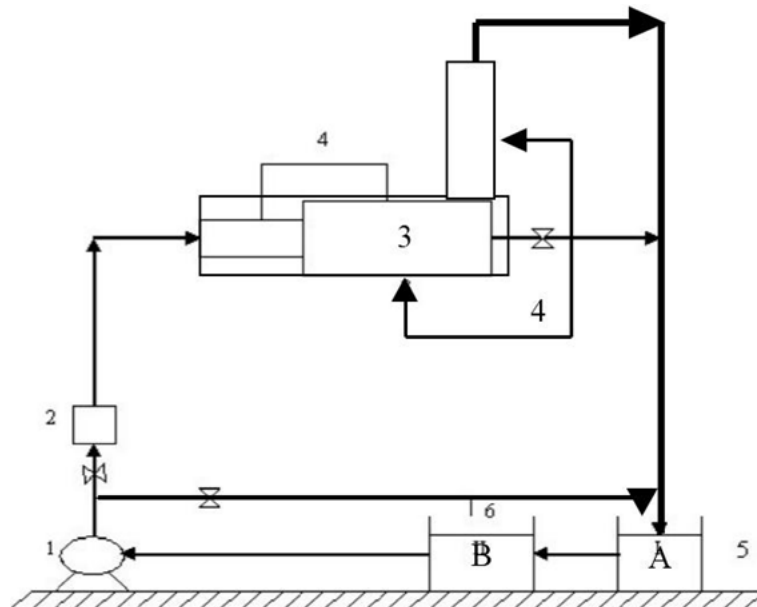


Gambar 11. Manometer kolom air (Piezometer)

5. Bak penampung air sebagai tempat air yang akan dipompa ke seksi uji
6. Tempat menampung air setelah keluar dari seksi uji
7. Katup untuk mengatur debit air, ada 2 katup ; katup utama dan katup bypass.
8. Pipa PVC untuk saluran air
9. Gelas ukur kapasitas 2 liter.

Instalasi Penelitian

Susunan alat atau instalasi saluran untuk dilihat pada gambar 12



Keterangan :

1. Pompa
2. Rotameter
3. Seksi Uji
4. Manometer
5. Bak pembuangan air A
6. Bak penampungan air B

Gambar 12. Instalasi Peralatan Penelitian

Pada instalasi penelitian ini terdiri dari dua buah bak penampungan air, yakni bak penampungan air A dan bak penampungan air B. pemisahan ini dimaksudkan supaya air yang dipompa seminimal mungkin tidak terjadi gelembung atau pergolakan. Air yang dipergunakan diusahakan sebersih mungkin. Semua itu untuk menjaga dari kualitas air agar tidak terjadi hal-hal yang dapat mengganggu pergerakan aliran air.

Di bagian instalasi terdapat katubkatub (valve) yang terdapat di tiga tempat. Katub pertama terpasang sebagai katub by pass, dan katub kedua yaitu katub pengatur debit aliran yang menuju ke flowmeter yang akan mengalir menuju ke seksi uji. Fungsi katub by pass dalam penelitian ini adalah untuk mengatur debit aliran yang menuju flowmeter, agar air yang masuk ke seksi uji dapat memenuhi semua ruangan yang terdapat pada seksi uji.

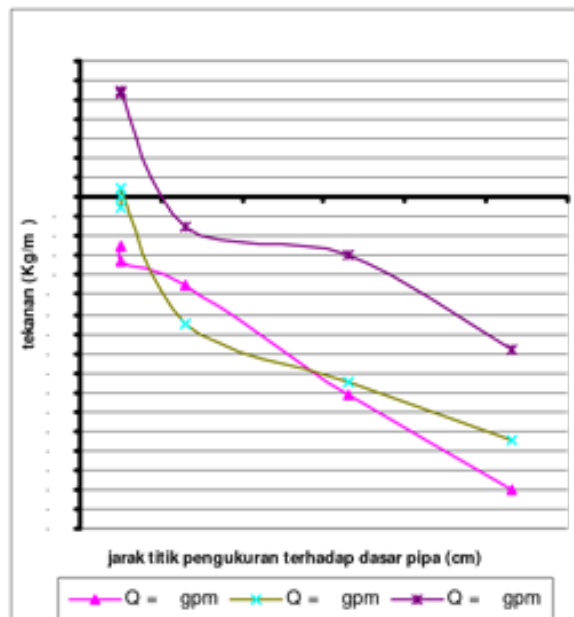
Aliran fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah aliran fluida satu fase cair. Aliran fluida disuplai dari tangki penampungan air yang berkapasitas 60 liter yang dialirkan dengan pompa. Aliran air dikontrol dengan menggunakan kombinasi katub pengatur debit

aliran dengan katub by pass dengan memperhatikan skala debit yang diinginkan pada flowmeter.

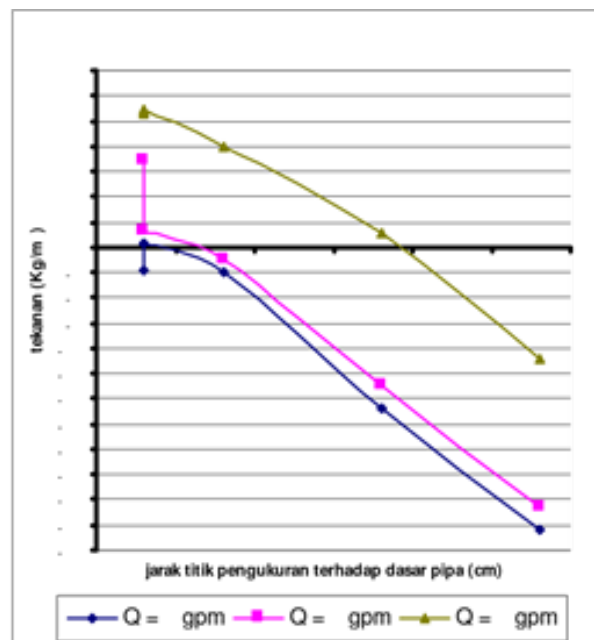
Perakitan seksi uji merupakan yang terpenting dan perlu perhatian guna mendapatkan ukuran yang presisi. Perakitan seksi uji ini dilaksanakan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa PAU Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

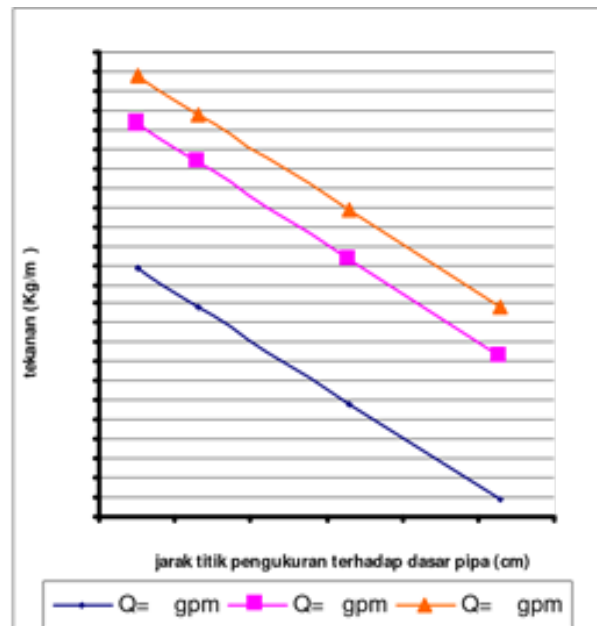
1. Distribusi penurunan tekanan pada dinding depan sudden contraction



Gambar 13. Grafik penurunan tekanan terhadap jarak titik pengukuran dari dasar pipa, pada sumbu pipa (S) 0,6 bagian dinding depan



Gambar 14. Grafik penurunan tekanan terhadap jarak titik pengukuran dari dasar pipa, pada sumbu pipa (S) 0,667 bagian dinding depan

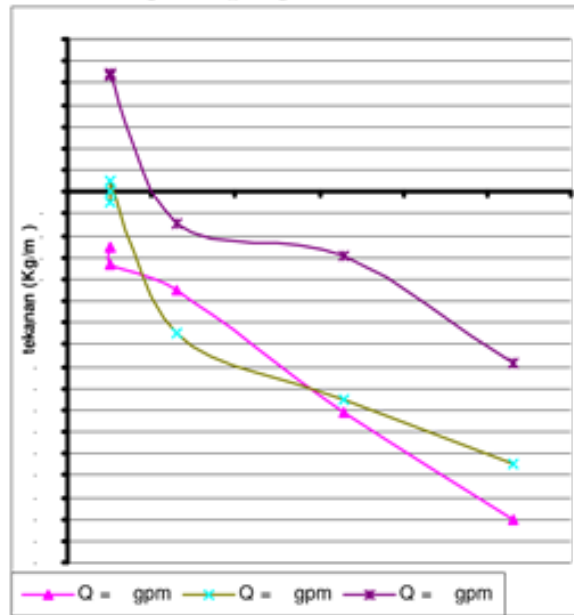


Gambar 15. Grafik penurunan tekanan terhadap jarak titik pengukuran dari dasar pipa, pada sumbu pipa (S) 0,0,8 bagian dinding depan

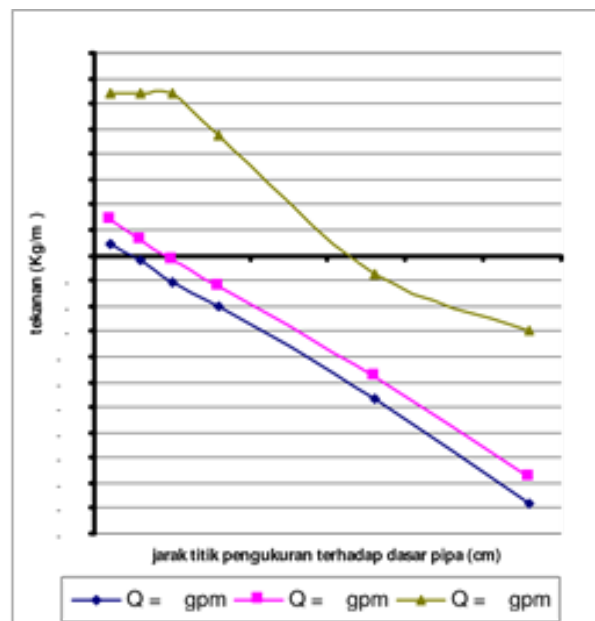
Grafik penurunan tekanan pada sumbu saluran rasio 0.6, 0.667, dan 0.8 terlihat pada gambar 13, 14 dan 15. Sebagaimana terlihat, pada pipa inlet setelah mendekati belokan terjadi kenaikan tekanan yang disebabkan oleh perlambatan aliran. Kenaikan tekanan ini, mempunyai besar kenaikan yang kecil sehingga terlihat berimpit ketika digambarkan dalam grafik. Sementara itu, fenomena perlambatan tersebut terjadi karena adanya arus balik setelah aliran menumbuk ujung pipa inlet.

Pada aliran setelah melewati dinding kontraksi, terjadi penurunan tekanan hingga ujung pipa outlet. Besarnya penurunan tekanan antar line dalam pipa ini sangat kecil, sehingga terlihat berimpit dalam grafik. Penurunan tekanan pada kolom setelah dinding kontraksi disebabkan oleh adanya perubahan kecepatan dari V_1 (pipa inlet) ke V_2 (pipa outlet). Dan, penurunan tekanan pada kolom berikutnya dipengaruhi oleh posisi ketinggian titik pengukuran, semakin tinggi posisinya semakin rendah tekanannya.

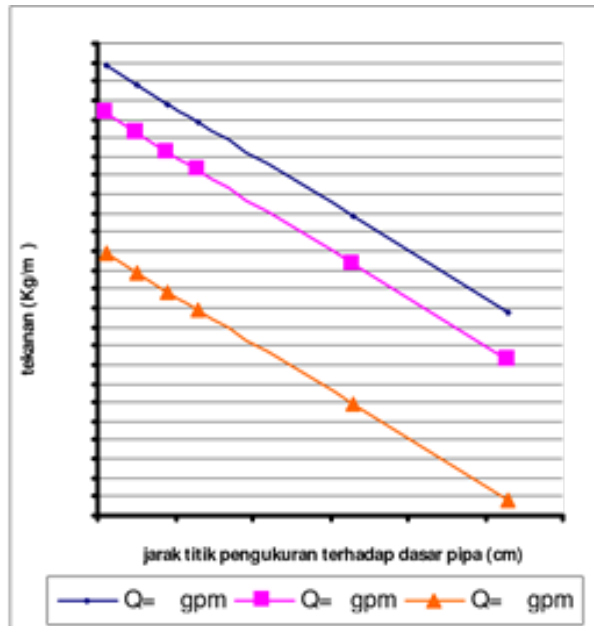
2. Distribusi penurunan tekanan pada dinding samping sudden contraction



Gambar 16. Grafik penurunan tekanan terhadap jarak titik pengukuran dari dasar pipa, pada sumbu pipa (S) 0,6 bagian dinding samping



Gambar 17. Grafik penurunan tekanan terhadap jarak titik pengukuran dari dasar pipa, pada sumbu pipa (S) 0,667 bagian dinding samping

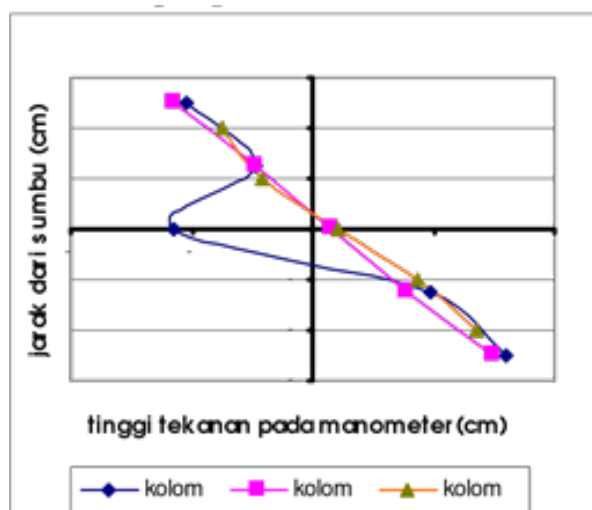


Gambar 18. Grafik penurunan tekanan terhadap jarak titik pengukuran dari dasar pipa, pada sumbu pipa (S) 0,8 bagian dinding samping

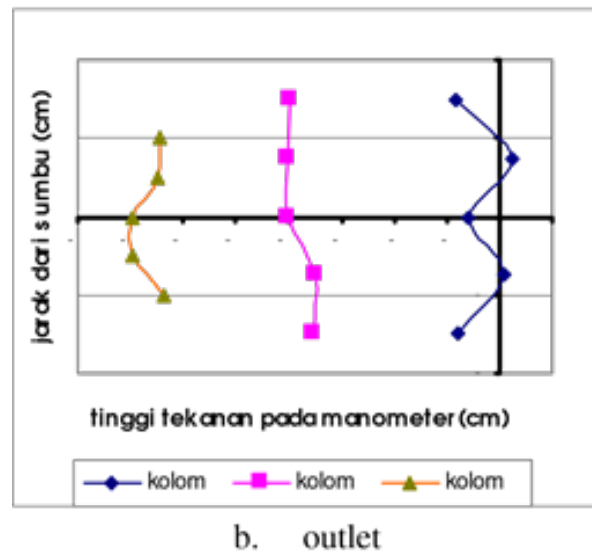
Gambar 16, 17, dan 18 memperlihatkan grafik perubahan tekanan pada pipa rasio 0.8 dengan debit aliran 2 GPM. Sebagaimana terlihat, pada pipa inlet terjadi penurunan tekanan akibat pengaruh rugi energi dan posisi ketinggian. Besarnya penurunan tekanan antar line dalam pipa ini sangat kecil, sehingga terlihat berimpit dalam grafik

Setelah melewati dinding kontraksi, penurunan tekanan terus terjadi hingga ujung saluran. Dan mempunyai perbedaan yang kecil antar linenya, sehingga terlihat grafik yang berimpit. Hal ini disebabkan oleh perubahan kecepatan dari V1 (pipa inlet) ke V2 (pipa outlet) dan dipengaruhi oleh posisi titik pengukuran, semakin tinggi posisinya semakin rendah tekanannya.

3. Distribusi tinggi tekanan terhadap jarak dari sumbu saluran, pada dinding depan



a. Inlet

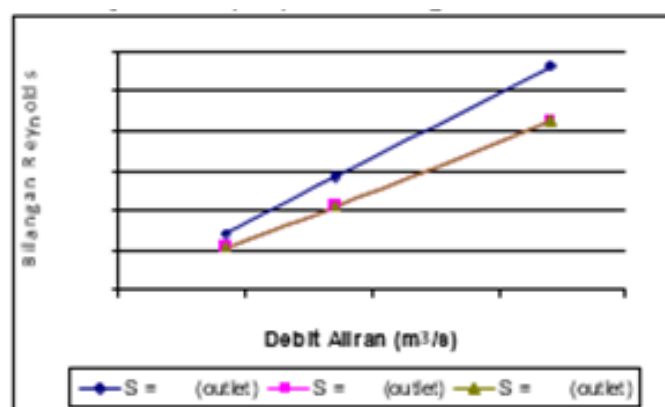


Gambar 19. Grafik distribusi tinggi tekanan terhadap jarak dari sumbu, pada pipa (S) 0,667 dan $Q=2\text{gpm}$.

Sebagaimana terlihat dalam gambar 19, tinggi tekanan terbesar pada pipa inlet berada pada bagian bawah dinding dan yang terendah berada pada bagian atas. Profil ini terjadi pada ketiga kolom, dengan perbedaan yang kecil sehingga terlihat berimpit dalam grafik. Hal ini dipengaruhi oleh posisi ketinggian dan bentuk dinding saluran.

Setelah melewati dinding kontraksi, aliran yang terdekat dengan dinding mempunyai tinggi tekanan yang besar sedang pada sumbu saluran cenderung rendah. Hal ini terjadi karena adanya rugi energi akibat perlambatan pada dinding sedangkan pada sumbu saluran mempunyai kecepatan besar sehingga tekanannya rendah. Kecuali pada kolom 4, tinggi tekanan terbesar berada di antara dinding dan sumbu saluran, sementara pada tepi dinding dan sumbu saluran mempunyai tinggi tekanan yang hampir sama. Hal ini karena adanya pengaruh perubahan kecepatan setelah dinding kontraksi.

4. Mendiskripsikan hubungan bilangan Reynolds (Re) terhadap debit aliran



Gambar 20. Grafik hubungan bilangan Reynolds terhadap debit aliran

Pada grafik hubungan antara bilangan Reynolds (Re) dengan debit aliran (Q) yang ditunjukkan pada gambar 20. Sebagaimana terlihat, pada rasio perbesaran (S) : 0,6, 0,7 dan 0,8 terjadi peningkatan bilangan Reynolds sejalan dengan semakin besarnya debit aliran (Q) yang masuk pada saluran. Pada rasio perbesaran (S) 0,6, 0,7 dan 0,8, ketika di aliri dengan

debit yang sama akan memiliki harga bilangan Reynolds yang berbeda.

Untuk rasio pengecilan (S) 0,6 pipa inlet pada $Q = 0.000171 \text{ m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 3379.54$. Pada rasio perbesaran (S) 0,667 pada $Q = 0.000171 \text{ m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 4224.42$ dan untuk rasio pengecilan (S) 0,8 pada debit (Q) = $0.000171 \text{ m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 4224.42$.

KESIMPULAN

Setiap kenaikan kecepatan selalu diikuti dengan penurunan tekanan, begitu juga sebaliknya. Pada pipa (S) = 0,6 dengan debit 8 gpm, sebelum kontraksi mempunyai kecepatan (v_1) = 0.0683 m/s dan tekanan 109 Kg/m^2 pada sumbu saluran (titik 3c), kemudian setelah melewati dinding kontraksi tekanan turun menjadi -30 Kg/m^2 pada kecepatan aliran (v_2) = 0.1896 m/s..

Terjadi peningkatan tekanan ketika mendekati belokkan (elbow) dengan sudut 90° karena adanya perlambatan aliran.

Kenaikan tekanan dipengaruhi oleh kenaikan debit aliran (Q), pada debit aliran (Q) 4 GPM dalam saluran rasio 0,667, aliran masuk bertekanan 85 Kg/m^2 ketika debit dinaikkan menjadi 8 GPM tekanan naik menjadi 133 Kg/m^2 .

Tekanan juga akan meningkat dengan semakin tingginya posisi titik pengukuran terhadap dasar saluran.

Semakin besar luas penampang pipa maka akan semakin kecil Bilangan Reynoldnya, untuk rasio pengecilan 0,6 pipa outlet ($A = 0.0025 \text{ m}^2$) pada $Q = 0.000171 \text{ m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 3379.53795$, pada rasio pengecilan 0,667 ($A = 0.0016 \text{ m}^2$) pada $Q = 0.000171 \text{ m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 4224.42244$ dan untuk rasio pengecilan 0,8 pipa outlet ($A = 0.0016 \text{ m}^2$) pada debit (Q) = $0.000171 \text{ m}^3/\text{det}$ diperoleh harga $Re = 4224.42244$. Bilangan Reynolds juga akan naik seiring dengan besarnya debit aliran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Triatmodjo, Bambang, 1993, *Hidraulika I*, cetakan ke empat, Beta Offset, Yogyakarta.
- [2] Sumarli, 2000, *Studi aliran dua fase gas-cair melewati pengecilan saluran secara mendadak penampang segi empat*, Tesis S-2, Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [3] Harjanta Yudi, 2003, *Eksperimen Kehilangan Tenaga Aliran Akibat Koefisien Gesek Pipa*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] Dugdale, RH. 1986, *Mekanika Fluida*, edisi ketiga. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [5] Sarjito, 2002, *Studi Aliran Dua Fase Gas-Cair Melewati Pembesaran Saluran Secara Mendadak Pada Penampang Lingkaran*, Tesis S-2, Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

ANALISIS KEBUTUHAN ENERGI PROSES PENGGILINGAN KEDELAI DENGAN PENGGERAK MESIN DIESEL DAN MOTOR LISTRIK PADA INDUSTRI TAHU

Sartono Putro

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

sartono_putro@ums.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan teknologi di industri tahu masih mempunyai tingkat keborosan energi yang cukup tinggi Selama ini pada industri tahu dalam proses penggilingan kedelai menggunakan mesin diesel dan motor listrik. Tetapi manajemen energi yang digunakan belum efektif, sehingga perlu diadakan pengkajian ulang tentang konsumsi energinya.

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisa kebutuhan bahan bakar, beban oli, daya dan energi untuk proses produksi penggilingan kedelai hingga menjadi sari dari tahu dengan variabel motor listrik dan motor diesel. Sampel didapatkan dari UKM industri tahu dengan 5 UKM menggunakan motor listrik dan 5 UKM menggunakan motor diesel.

Dari penelitian didapatkan bahwa penggunaan motor listrik sebagai penggerak penggiling kedelai lebih murah biaya penggilingannya dibandingkan dengan penggerak mesin diesel. Selain itu, penggunaan mesin penggiling kedelai yang berdaya besar lebih boros konsumsi bahan bakarnya daripada penggerak penggiling kedelai yang berdaya kecil.

Kata kunci : industri tahu, motor listrik, motor diesel, bahan bakar, daya, beban oli

PENDAHULUAN

Di Indonesia kebanyakan pelaku bisnis adalah UKM (Usaha Kecil Menengah). Untuk kelangsungan usaha, UKM selayaknya bisa mengantisipasi dan turut peduli dengan resiko-resiko dari fenomena krisis energi yang akan terjadi di masa depan. Para pelaku UKM harus mengoptimalkan penggunaan energi yang masih ada.

Masih banyak sekali teknologi yang masih mempunyai tingkat keborosan energi yang cukup tinggi diantaranya adalah industri tahu. Selama ini pada industri tahu dalam proses penggilingan kedelai menggunakan mesin diesel dan motor listrik. Tetapi manajemen energi yang digunakan belum efektif, sehingga perlu diadakan pengkajian ulang tentang konsumsi energinya

TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui kebutuhan bahan bakar proses penggilingan kedelai menggunakan mesin diesel.
2. Mengetahui kebutuhan energi pada proses penggilingan kedelai menggunakan motor listrik.
3. Mengetahui perbandingan bahan bakar (solar dan listrik PLN) yang digunakan pada mesin diesel dan motor listrik.

BATASAN MASALAH

1. Penggilingan kedelai menggunakan mesin diesel dan motor listrik
2. Bahan bakar untuk penggilingan kedelai menggunakan mesin diesel dan motor listrik

TINJAUAN PUSTAKA

Bahan bakar didefinisikan sebagai sumber energi bagi benda kerja. Secara umum untuk mendeteksi adanya besarnya energi yang dimiliki oleh suatu benda kerja yaitu dengan mengukur energi yang dihasilkan benda kerja tersebut. Jika konsumsi bahan bakarnya tinggi maka energi yang dihasilkan oleh benda kerja sangat besar, begitu juga sebaliknya. Jika konsumsi bahan bakarnya rendah maka energi yang dihasilkannya kecil

Penggiling kedelai dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

1. Mesin diesel [1]

Mesin diesel adalah motor bakar torak yang terjadi karena proses penyalaan campuran bahan bakar sendiri. Bahan bakar disemprotkan kedalam silinder yang berisi udara dengan temperatur dan tekanan yang tinggi.



Gambar 1. Mesin diesel

Dengan menggunakan pendekatan konsumsi bahan bakar didapatkan rumus untuk menghitung biaya total penggilingan setiap kg kedelai :

- a. Rumus perhitungan penggunaan bahan bakar tiap kg kedelai

$$BB_{\text{tiap kg}} = \frac{BB_{\text{total}}}{KP} \quad (1)$$

Keterangan :

$BB_{\text{tiap kg}}$ = Bahan bakar (liter/kg)

BB_{total} = Bahan bakar total (liter)

KP = Kapasitas produksi (kg)

Jadi untuk biaya bahan bakar setiap kg penggilingan adalah :

$$bBB_{\text{tiap kg}} = BB_{\text{tiap kg}} \times \text{harga tiap liter solar (Rupiah)} \quad (2)$$

- b. Rumus perhitungan beban oli setiap kg kedelai

$$b_{\text{oli}} = \frac{Bo}{t \times KP} \quad (3)$$

Keterangan :

b_{oli} = Beban oli (liter/kg)

Bo = Kebutuhan oli setiap pergantian berkala (liter)

KP = kapasitas produksi (kg)

t = waktu penggilingan (jam)

Jadi untuk biaya beban oli setiap kg penggilingan adalah:

$$bb_{\text{oli}} = b_{\text{oli}} \times \text{harga tiap liter oli (Rupiah)} \quad (4)$$

c. Rumus biaya total penggilingan setiap kg kedelai

$$B_{\text{total tiap kg}} = bBB_{\text{tiap kg}} + bb_{\text{oli}} \quad (5)$$

Keterangan

$B_{\text{total tiap kg}}$ = Biaya total penggilingan (Rupiah/kg)

$bBB_{\text{tiap kg}}$ = Bahan bakar setiap kg (Rupiah/kg)

bb_{oli} = Beban oli setiap kg (Rupiah/kg)

2. Motor listrik [2,3]

Motor listrik bekerja mengubah energi listrik dari sumber listrik PLN menjadi gerakan mekanik.



Gambar 2. Motor listrik

Daya listrik adalah ukuran untuk menyatakan banyaknya energi listrik yang telah dipakai setiap detiknya. Dalam menghitung daya yang dihasilkan oleh motor listrik dapat dihitung dengan rumus :

$$P = V \times I \quad (6)$$

Keterangan :

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Kuat arus (Ampere)

Energi listrik adalah suatu energi yang dihasilkan sebanding dengan besar tegangan listrik, kuat arus dan waktu. Untuk mencari besarnya energi listrik yang digunakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$W = V \times I \times t \quad (7)$$

Keterangan :

W = Energi listrik (KWh)

V = Tegangan listrik (Volt)

I = Arus listrik (Ampere)

t = Waktu yang digunakan (hour)

Dari rumus diatas dapat dihitung kebutuhan energi setiap kg penggilingan

$$W_{\text{tiap kg}} = \frac{W}{KP} \quad (8)$$

Keterangan :

$W_{\text{tiap kg}}$ = Energi listrik (KWh/kg)

W = Energi listrik (KWh)

KP = kapasitas produksi (kg)

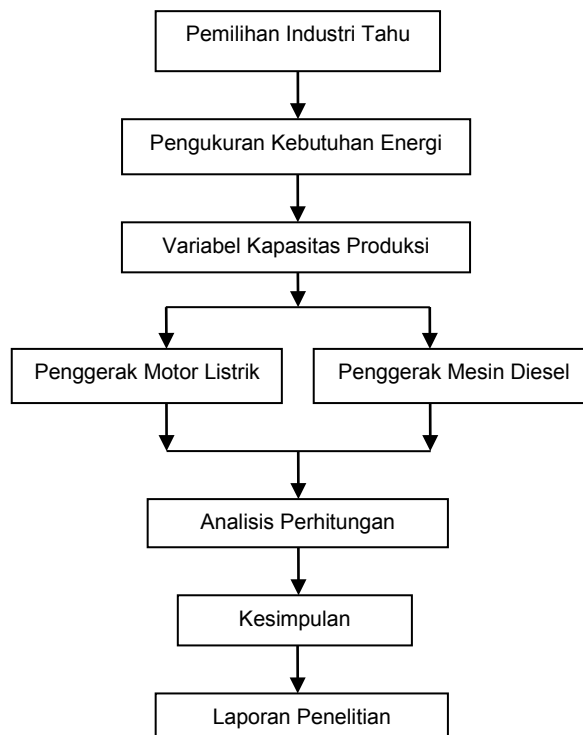
Penelitian Terdahulu

Murnianto (2008) [4], dalam penelitiannya tentang Pengaruh Putaran Mesin Penggerak Dan Mesin Pengupas Kulit Gabah Yanmar HW 60 AN Terhadap Kualitas Penggilingan Dan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar, yang menyatakan bahwa mesin diesel Ratna R 130 H penggerak mesin penggiling Yanmar HW 60 AN dengan pembebanan putaran penggiling sebesar 1200rpm, didapatkan efisiensi pemakaian bahan bakar pada putaran mesin 1100 rpm sebesar 0,0491 kg/jam hp.

Menurut Wawan Riyanto (2006) [5], dalam penelitiannya tentang Analisa Kekuatan Mesin Pencetak Bakso yang menyatakan bahwa mesin pencetak bakso yang dibuat menggunakan motor listrik sebagai penggerak dengan daya 0,5 HP dan putarannya 1420 rpm dapat menghasilkan 60 biji bakso.

METODE PENELITIAN

Untuk mempermudah penelitian ini, maka dibuat rangkaian diagram alir penelitian seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 3. Bagan alir rancangan penelitian

Bahan dan Alat

1. Bahan yang digunakan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- kedelai digunakan untuk membuat bubur kedelai dan seterusnya diproses sehingga menjadi tahu.
- Air digunakan untuk proses perendaman, penggilingan kedelai

2. Alat yang digunakan

- Hand Tachometer digunakan untuk mengukur putaran mesin



Gambar 4. Hand Tachometer

- b. Stopwatch STOP TIMER untuk mengukur waktu penggilingan yang dilakukan oleh mesin penggiling



Gambar 5. Stopwatch

- c. Timbangan CAMRY dengan kapasitas berat maksimal 120 Kg digunakan untuk mengukur berat kedelai.



Gambar 6. Timbangan

- d. Clampmeter LEM LH 1060 MADE IN CHINA digunakan untuk mengukur tegangan listrik (Volt) dan arus listrik (*Amphere*) pada motor listrik.



Gambar 7. Clampmeter

Sampel Penelitian

1. Pabrik yang menggunakan penggerak penggiling dengan mesin diesel

Tabel 1. Jumlah sampel pabrik yang berpenggerak mesin diesel

No	Pemilik	Jenis mesin diesel	Kapasitas produksi	Waktu giling (jam)
1	Siswanto	Baikuta R180, 8,4HP,2600 rpm	80 kg	1,28

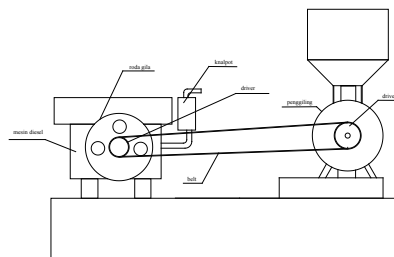
2	Supangat	Yanmar TS 60,8 HP, 2500 rpm	80 kg	1,31
3	Lestari	Daifung, 13,2 HP, 2000 rpm	56 kg	0,95
4	Tukimin	Amec S 195,12 HP, 2200 rpm	96 kg	1,53
5	Heru S.	Yanmar, 8 HP, 2500 rpm	147 kg	1,65

2. Pabrik yang menggunakan penggerak penggiling dengan motor listrik

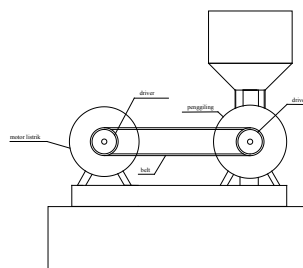
Tabel 2. Jumlah sampel pabrik yang berpenggerak motor listrik

No	Pemilik	Jenis motor listrik	Kapasitas produksi	Waktu giling (jam)
1	Wiyono	YL 90 L-4, 2 HP, 1440 rpm	89 kg	2,38
2	Hadi S.	100 L2-4, 1 HP, 1400rpm	140 kg	3,43
3	Sunarjo	YC 112-4, 3 HP, 1430 rpm	240 kg	5,16
4	Yuliatun	JY 2A-4, 1HP, 1420 rpm	80 kg	1,83
5	Paryanto	JY 2A-4, 1 HP, 1420 rpm	64 kg	1,37

Instalasi Penelitian



Gambar 8. Penggiling kedelai dengan penggerak mesin diesel



Gambar 9. Penggiling kedelai dengan penggerak mesin diesel

Jalannya Penelitian

Pertama kali yang harus dilaksanakan adalah mempersiapkan alat-alat, kemudian mengukur jumlah konsumsi bahan bakar mesin diesel dan motor listrik.

Analisis Data

Data dianalisis dengan cara menghitung jumlah kebutuhan bahan bakar mesin diesel dan menghitung energi listrik yang dihasilkan motor listrik.

HASIL DAN ANALISIS

1. Hasil analisis data

Tabel 3. Perhitungan total biaya penggilingan tiap kg kedelai

Sampel ke-	Bahan bakar (Rp)	Beban biaya oli (Rp)	Total biaya penggilingan (Rp)
1	84,14	6,25	90,39
2	78,75	7,29	86,04
3	96,30	10,41	106,71
4	93,60	7,09	100,09
5	76,50	5,95	82,45

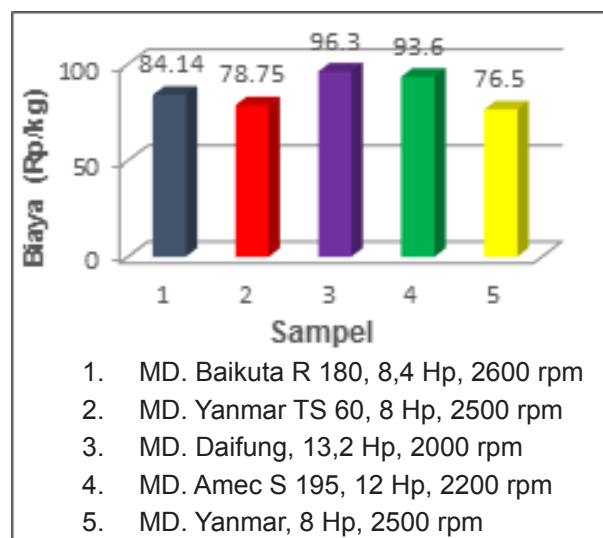
Tabel 4. Harga giling tiap 1 kg kedelai dalam Rupiah

Sampel ke-	Daya (watt)	Energi (KWh)	Harga energi tiap kg (Rp)
1	1379	3,28	33,76
2	696,5	2,39	17,18
3	2068,5	10,67	44,88
4	686	1,25	15,47
5	686	0,93	14,76

2. Pembahasan

a. Mesin diesel

1. Pembahasan konsumsi bahan bakar untuk proses penggilingan setiap kg kedelai

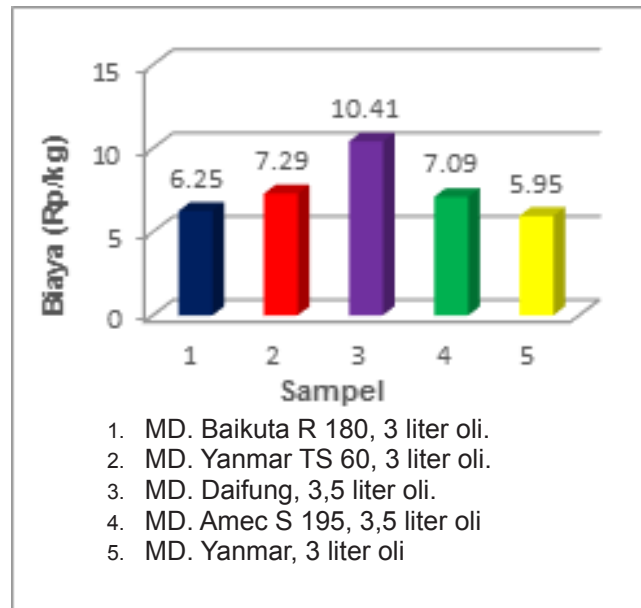


Gambar 10. Konsumsi bahan bakar pada penggilingan

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar penggilingan kedelai yang paling rendah adalah sampel 5 dengan biaya Rp 76,5 untuk tiap kg kedelai. Dan konsumsi bahan bakar penggilingan kedelai yang paling tinggi ditunjukkan pada

sampel 3 dengan harga Rp 93,3 untuk tiap kg kedelai.

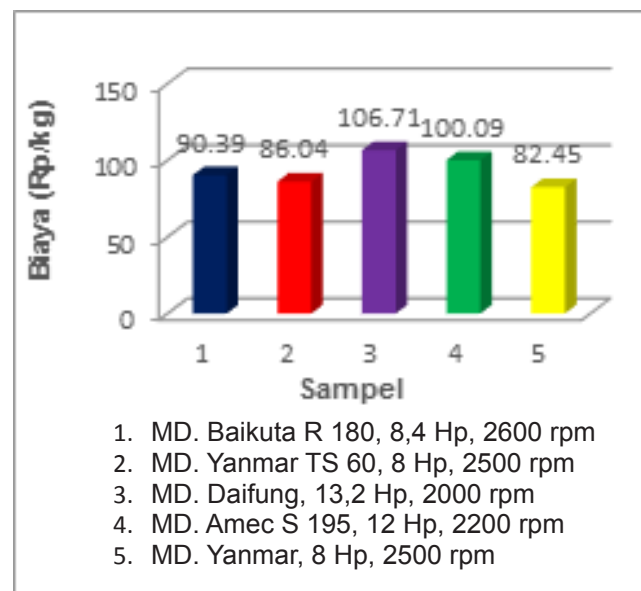
2. Pembahasan beban oli mesin untuk proses penggilingan setiap kg kedelai



Gambar 11. Biaya pergantian oli untuk setiap kg penggilingan

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa biaya pergantian oli mesin diesel yang paling rendah adalah sampel 5 dengan biaya Rp 5,95 untuk tiap kg kedelai. Dan biaya pergantian oli yang paling tinggi pada sampel 3 dengan biaya penggilingan Rp 10,41 untuk tiap kg kedelai.

3. Pembahasan biaya penggilingan yang digunakan untuk menggiling setiap kg kedelai



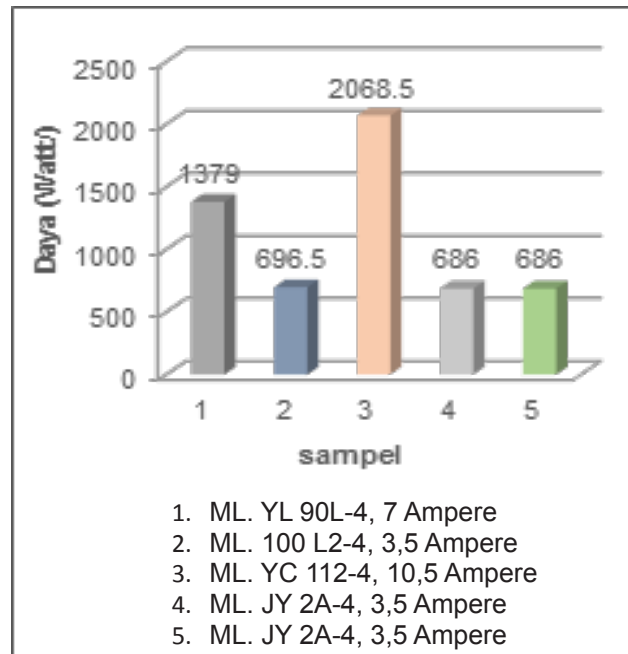
Gambar 12. Biaya total penggilingan untuk setiap kg kedelai

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa biaya penggilingan kedelai yang mencakup biaya bahan bakar dan biaya oli tiap kg yang paling hemat adalah sampel 3 dengan biaya

total Rp 82,45, dan yang paling banyak mengeluarkan biaya untuk penggilingan kedelai ditunjukkan pada sampel 3 dengan biaya total Rp 106,71.

b. Motor listrik

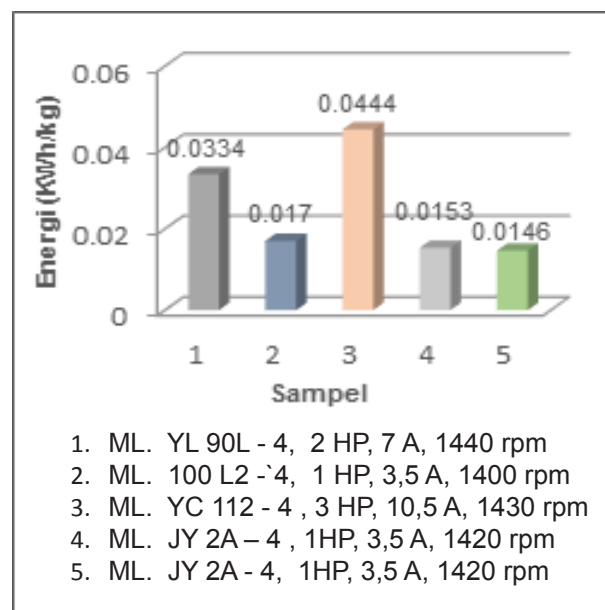
1. Pembahasan daya yang dihasilkan motor listrik.



Gambar 13. Besar daya yang dihasilkan motor listrik penggiling kedelai.

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa pemakaian motor listrik yang berdaya kecil adalah sampel 4 dan sampel 5 dengan daya 686 watt. Dan pemakaian daya yang paling besar ditunjukkan pada sampel 3 dengan daya 2068,5 watt.

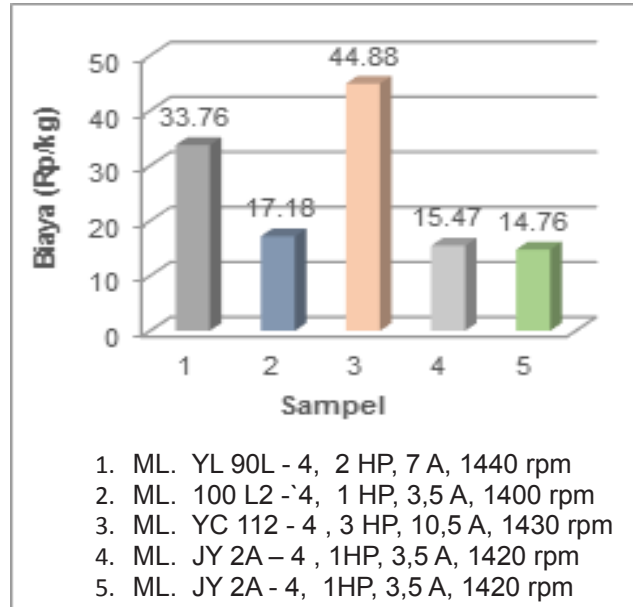
2. Pembahasan energi yang dihasilkan motor listrik.



Gambar 14. Besar energi untuk setiap kg kedelai yang dihasilkan motor listrik penggiling kedelai.

Dari gambar sebelumnya tentang daya motor listrik, didapatkan data energi untuk penggilingan tiap kg kedelai dengan menggunakan motor listrik. Maka pada gambar diatas didapat energi yang paling kecil untuk penggilingan kedelai adalah sampel 5 dengan besar energi 0.0146 KWh. Dan untuk enrgi yang paling besar adalah sampel 3 dengan besar energi 0,0444 KWh.

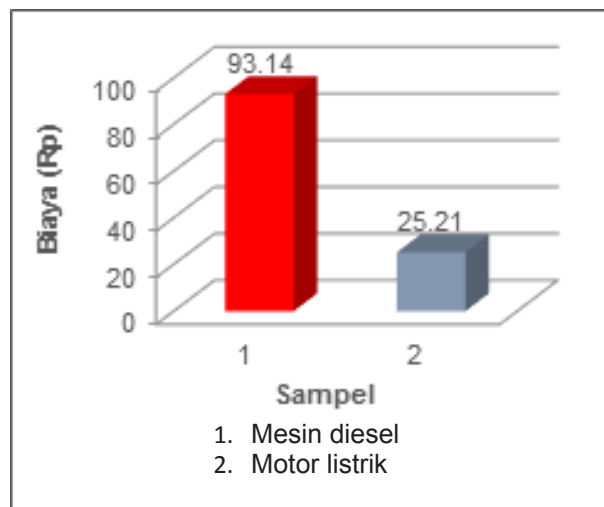
3. Pembahasan biaya penggilingan yang digunakan untuk menggiling setiap kg kedelai.



Gambar 15. Tingkat biaya penggilingan tiap kg kedelai dengan motor listrik.

Dari gambar diatas, menunjukkan bahwa biaya penggilingan untuk tiap kg kedelai dengan motor listrik yang paling hemat adalah sampel 5 dengan biaya Rp14,76 per kg kedelai. Dan biaya penggilingan yang paling boros adalah sampel 3 dengan biaya Rp 44,88 tiap kg kedelai.

c. Perbandingan biaya penggilingan mesin diesel dan motor listrik



Gambar 10. Perbandingan biaya penggilingan setiap kg kedelai antara mesin diesel dengan motor listrik

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa konsumsi energi proses penggilingan kedelai yang paling hemat adalah menggunakan motor listrik dibandingkan dengan mesin diesel.

PENUTUP

1. Kesimpulan

- a. Penggunaan motor listrik sebagai penggerak penggiling kedelai lebih murah biaya penggilingannya dibandingkan dengan penggerak mesin diesel.
- b. Penggunaan mesin penggiling kedelai yang berdaya besar lebih boros konsumsi bahan bakarnya daripada penggerak penggiling kedelai yang berdaya kecil.

2. Saran

- a. Untuk perencanaan sebuah penggiling kedelai terlebih dahulu memahami tentang prinsip dari konversi energi mekanik.
- b. Dalam merencanakan sebuah penggiling kedelai lebih baik memakai motor listrik yang berdaya kecil agar biaya penggilingannya lebih murah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar W, 2004, *Motor Diesel Putaran Tinggi*. Pradnya Paramita: Jakarta.
- [2] Sidik, 2008, “*Energi Dan Daya Listrik*” 11 november 2008. Diakses 04 Februari 2010, dari <http://wahab.blog.dada.net>.
- [3] Zuhail, 1995, *Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya*, Gramedia Pustaka Utama: Jakarta.
- [4] Murnianto, 2008, *Pengaruh Putaran Mesin Penggerak Dan Mesin Pengupas Kulit Gabah Yanmar HW 60 AN Terhadap Kualitas Penggilingan Dan Efisiensi Pemakaian Bahan Bakar*, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.
- [5] Riyanto W, 2006, *Analisa Kekuatan Mesin Pencetak Bakso*, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta: Surakarta.

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BIOBRIKET CAMPURAN ARANG KAYU DAN SEKAM PADI TERHADAP LAJU PEMBAKARAN, TEMPERATUR PEMBAKARAN DAN LAJU PENGURANGAN MASA

Subroto, Tri Tjahjono, Andrew MKR

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

subroto@ums.ac.id

ABSTRAK

Disaat harga bahan bakar minyak membumbung semakin tinggi, sebagai alternatif untuk mencari bahan bakar selain minyak maka dilakukan penelitian tentang potensi biomass sekam padi dan arang kayu sebagai sumber energi alternatif, guna diolah menjadi bahan bakar alternatif berupa biobriket dengan komposisi terbaik dan ramah lingkungan.

Dalam penelitian ini komposisi yang di uji adalah biobriket dengan perbandingan prosentase sekam padi : arang kayu = 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50 %. Penelitian awal dilakukan dengan pengumpulan, penghalusan, pengujian bahan baku dan pencampuran bahan baku, selanjutnya dilakukan pengepresan dengan tekanan 100 kg/cm² kemudian dilakukan pembakaran dengan menggunakan alat yang terdapat di Laboratorium Teknik Mesin UGM untuk mengetahui besarnya laju pengurangan massa dengan kecepatan udara konstan, kemudian dilanjutkan dengan pengujian emisi polutan dan pengujian kadar abu yang juga di lakukan di laboratorium Tehnik Mesin UGM

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 arang kayu : sekam padi = 50% : 50% karena lebih cepat terbakar dan lebih ramah lingkungan, sedangkan untuk kebutuhan industri, komposisi terbaik dengan pencapaian temperatur tertinggi adalah komposisi arang kayu : sekam padi = 30% : 70%.

Kata kunci : Arang kayu, Sekam padi, biobriket.

PENDAHULUAN

Minyak bumi merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Tetapi minyak bumi merupakan bahan yang menjadi pilihan utama dalam penggunaannya sebagai kebutuhan sehari-hari sebagian besar masyarakat Indonesia. Oleh karena hal itu cadangan minyak bumi akan semakin menipis. Sementara itu masih banyak sumber energi alternatif lain yang masih belum maksimal penggunaannya, untuk dikonsumsi oleh masyarakat. Sesungguhnya di negara Indonesia ini mempunyai banyak potensi dalam pengembangan dan penggunaan energi alternatif.

Beberapa energi alternatif yang biasa digunakan menjadi pengganti minyak bumi

adalah gas bumi, batubara, arang kayu, serta pengembangan biomass untuk diolah menjadi briket [1,2]. Batu bara dan gas bumi merupakan energi fosil dan untuk mendapatkannya, masyarakat menengah ke bawah masih merasa kesulitan. Berdasarkan hal tersebut diatas, untuk memanfaatkan sumber energi alternatif baru yang relatif murah dan dapat dijangkau oleh masyarakat menengah ke bawah.

Biomass merupakan merupakan bahan hayati yang biasanya dianggap sebagai sampah dan sering dimusnahkan dengan cara dibakar. Biomass tersebut dapat diolah menjadi bio arang yang merupakan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dan dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

BATASAN MASALAH

Mengingat kompleksnya permasalahan yang timbul pada pembuatan briket sebagai bahan bakar alternatif, maka ruang lingkup yang dibatasi adalah karakterisasi pembakaran biobriket berbahan dasar arang kayu dengan campuran sekam padi yang meliputi laju pembakaran, sebagai akibat perubahan kecepatan udara pembakaran

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah :

1. Mengolah limbah dari hasil pertanian padi yaitu sekam padi yang selama ini kurang maksimal pemanfaatannya menjadi bahan bakar alternatif.
2. Memanfaatkan penggunaan arang kayu yang mempunyai tingkat ekonomis rendah dan banyak sekali terdapat di Indonesia.
3. Menentukan karakter pembakaran briket , termasuk polusi yang ditimbulkan.

KAJIAN PUSTAKA

Tahapan dalam pembakaran bahan bakar padat [3]

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

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

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 sekam padi dengan arang kayu

- Kadar air
Kandungan air yang tinggi menyulitkan penyalaan dan mengurangi temperatur pembakaran.
- Kadar kalori
Semakin besar nilai kalor maka kecepatan pembakaran semakin lambat.
- Kadar abu
Kadar abu yang tinggi didalam sekam padi tidak mempengaruhi proses pembakaran. Kadar abu yang tinggi dalam sekam padi akan mempersulit penyalaan
- 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
Sekam padi mempunyai bulk density yang jauh lebih rendah dibandingkan arang kayu

Jenis polutan yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar [4]

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 (SO₂), Carbon Monoksida (CO), Oksida nitrogen (NO₂), 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

- Arang Kayu
- Sekam padi
- Bahan perekat tepung pati
- Gas LPG, bahan bakar untuk memanaskan tungku pada pembakaran biobriket.

2. Pengolahan Bahan Baku

- Penghalusan arang kayu menjadi serbuk
- Pencacahan sekam padi menjadi serbuk
- Pembuatan bahan perekat

Pembuatan Biobriket

- Pencampuran bahan baku

Arang kayu, sekam padi dan bahan perekat dicampur hingga rata dengan komposisi Sekam padi : Arang kayu = 30% : 70%, 40% : 60%, 30% : 70%. (dalam penelitian ini prosentase bahan perekat 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 1,75 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 dibawah ini.

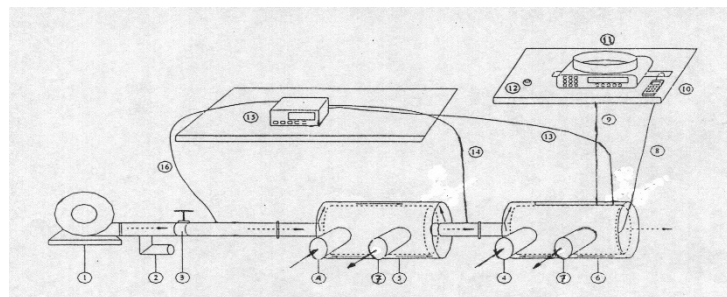


Gambar 2. Biobriket

Peralatan Yang Digunakan

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

- a. Alat Pembakaran Biobriket



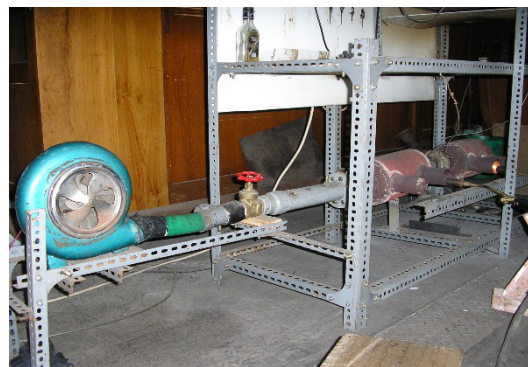
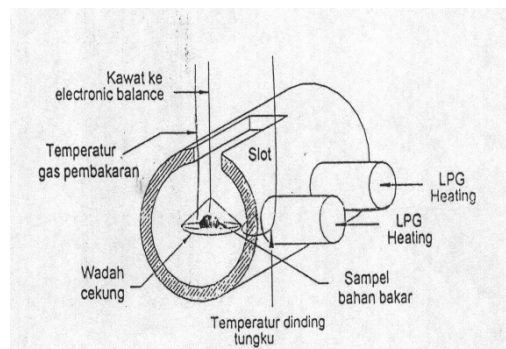
Gambar 3. Sketsa alat uji

Keterangan :

→ Aliran pemanas LPG

--> Aliran udara

1. Blower
2. Saluran by pass
3. Katup pengatur aliran udara
4. Saluran masuk pemanas LPG
5. Tungku 1
6. Tungku 2
7. Saluran buang pemanas LPG
8. Termakopel temperatur dinding
9. Kawat penggantung sampel bahan bakar
10. Digital thermocouple reader
11. Electronic professional scale
12. Stop wacth
13. Termokopel temperatur gas pembakaran
14. Termokopel temperatur udara pre-heater
15. Digital thermocouple reader
16. Termokopel temperatur udara supply



Gambar 4. Tempat pembakaran Biobriket

b. Alat Pengepress biobriket

Alat pengepress biobriket dibuat dengan cara memodifikasi dongkrak hidrolik yang bertekanan maximal 2 ton dengan diameter 22 mm dan dipasang manometer pada saluran pembuangan udara dongkrak yang berfungsi untuk mengukur tekanan pada saat pengepresan.



Gambar 5. Alat pengepress Biobriket



Gambar 6. Alat Pencetak Batubara

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

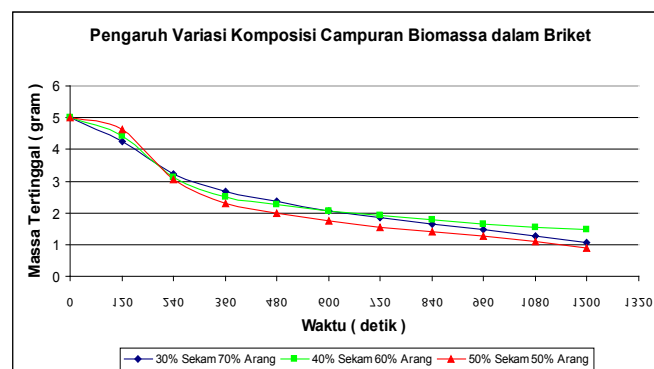
Sifat-sifat bahan dasar

Untuk mengetahui sifat-sifat bahan dasar dilakukan penelitian di laboratorium Fakultas Kehutanan, UGM

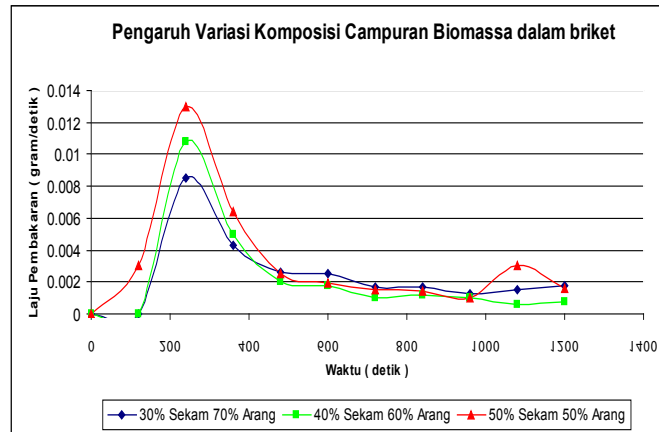
Tabel 4.1 Sifat-Sifat Bahan Dasar

Sifat	Sekam Padi	Arang Kayu
Kadar air (%)	9,01	6,86
Kadar Abu (%)	20,71	4,09
Kadar Karbon (%)	3,64	52,35
Volatile Matter (%)	66,64	36,69
Nilai Kalor (Kal/Kg)	3285,880	6987,723
Kadar Oksigen (%)	2.1	2.6

Pengaruh Komposisi Campuran terhadap Massa yang Tertinggal dan Laju Pembakaran



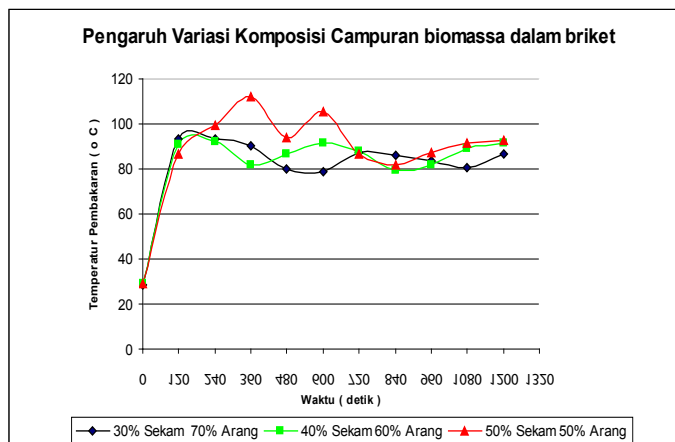
Gambar 7. Grafik hubungan massa yang tertinggal dengan waktu sebagai pengaruh variasi komposisi campuran dari biomassa dengan kecepatan udara 0,3 m/s



Gambar 8. Grafik pengaruh komposisi campuran terhadap laju pembakaran

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa laju pembakaran paling cepat adalah pada komposisi 50% sekam padi : 50% arang kayu, hal ini dipengaruhi oleh kandungan volatile matter biobriket. Semakin banyak kandungan volatile matter maka semakin mudah untuk terbakar dan menyala.

Pengaruh Komposisi Campuran Terhadap Temperatur Pembakaran



Gambar 9. Grafik Pengaruh Variasi Komposisi Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Pembakaran Biobriket (Sekam padi : Arang kayu = 30% : 70%, 40% : 60%, 50% : 50%)

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa temperatur pembakaran tertinggi terjadi pada proses pembakaran biobriket dengan komposisi 30% Sekam padi: 70% Arang kayu, hal ini dipengaruhi oleh kandungan nilai kalor biobriket. Namun pencapaian suhu optimumnya lama. Semakin banyak kandungan nilai kalor maka laju pembakaran akan semakin lama.

Nilai pembakaran tinggi (HHV)

Untuk menentukan atau menaksir besarnya nilai pembakaran tinggi (HHV) pada pembakaran bio briket digunakan Analisis Ultimasi dengan menggunakan rumus Dulong [4]:

$$HHV = 3.950C + 144.200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400S \text{ kJ/kg} \quad (1)$$

Rumus Dulong digunakan apabila nilai eksperimental dari pembakaran tidak tersedia.

Analisis ultimasi dari Arang kayu

$C = 52,53\%$, $H_2 = 6,86\%$, $O_2 = 2,6\%$, $S = 0,14\%$, $M = 28\%$, $A = 4,09\%$

Untuk mengkonversi kesuatu basis batubara begitu diterima, faktor koreksi atau pelipatan adalah $(1-M-A) = (1 - 28\% - 4,09\%) = (1 - 0,28 - 0,04) = 0,68$

Analisis Ultimasi begitu diterima menjadi :

$$C = 0,68 \times 52,53 = 35,59\% = 0,3559$$

$$H_2 = 0,68 \times 6,86 = 4,66\% = 0,0466 \quad O_2 = 0,68 \times 2,6 = 1,76\% = 0,0176$$

$$S = 0,68 \times 0,14 = 0,09\% = 0,0009$$

$$\begin{aligned} HHV &= 33.950C + 144.200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400S \\ &= 33.950(0,3559) + 144.200 \left(0,0466 - \frac{0,0176}{8} \right) + 9500(0,0009) \\ &= 12082,805 + 144.200(0,0444) + 8,46 \\ &= 12082,805 + 6402,48 + 8,46 \\ &= 18493,75 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Analisis ultimasi dari sekam padi

$C = 3,64\%$, $H_2 = 9,01\%$, $O_2 = 2,1\%$, $S = 0,13\%$, $M = 42\%$, $A = 20,7\%$

Untuk mengkonversi kesuatu basis batubara begitu diterima, faktor koreksi atau pelipatan adalah $(1-M-A) = (1 - 42\% - 20,7\%) = (1 - 0,24 - 0,207) = 0,55$

Analisis Ultimasi begitu diterima menjadi :

$$C = 0,55 \times 3,64 = 2,002\% = 0,02$$

$$H_2 = 0,55 \times 9,01 = 4,955\% = 0,049$$

$$O_2 = 0,55 \times 2,1 = 1,155\% = 0,011$$

$$S = 0,55 \times 0,13 = 0,0715\% = 0,0007$$

$$\begin{aligned} HHV &= 33.950C + 144.200 \left(H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400S \\ &= 33.950(0,02) + 144.200 \left(0,049 - \frac{0,011}{8} \right) + 9500(0,0007) \\ &= 679 + 144.200(0,048) + 6,58 \\ &= 679 + 7047,054 + 6,58 \\ &= 7732,634 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

HHV 50% sekam padi+ 50% arang kayu

$$\text{HHV sekam padi} = 7732,634$$

$$\text{HHV arang kayu} = 18493,75$$

$$\text{Arang} 50\% = 0,5 \times 18493,75 = 9246,317$$

$$\text{Sekam} 50\% = 0,5 \times 7732,634 = 3866,317$$

$$\text{Total } 50\% \text{ sekam} + 50\% \text{ arang} = 13113,31$$

jadi nilai HHV sekam padi 50% + arang kayu 50% adalah 13113,31 kJ/kg.

HHV 40% sekam padi+ 60% arang kayu

HHV sekam padi = 7732,634

HHV arang kayu = 18493,75

Arang50% = $0,5 \times 18493,75 = 9246,317$

Sekam50% = $0,5 \times 7732,634 = 3866,317$

Total 50%sekam + 50%arang = 13113,31

jadi nilai HHV sekam padi 40% + 60% arang kayu adalah 14189,3 kJ/kg

HHV 30% sekam padi+70% arang kayu

HHV sekam padi = 7732,634

HHV arang kayu = 18493,75

Sekam40% = $0,4 \times 7732,643 = 3093,05$

Arang60% = $0,6 \times 18493,75 = 11096,25$

Total40%sekam + 60%arang = 14189,3

Jadi nilai HHV sekam padi 30%+ arang kayu 70% adalah 15265,416 kJ/kg

Dari perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa bio briket dengan campuran 30% sekam padi dan 70% arang kayu mempunyai nilai pembakaran tinggi yang besar sedangkan nilai pembakaran tinggi yang terkecil terdapat pada biobriket dengan campuran 50% sekam padi dan 50% arang kayu, hal tersebut disebabkan oleh tingginya kandungan nilai kalor pada arang kayu hal tersebut dapat dilihat dalam tabel dibawah ini,

Tabel 4.2 kandungan nilai HHV

Campuran biobriket	Nilai HHV (kJ/kg)
Sekam 50%- Arang 50%	13113,31
Sekam 40%- Arang 60%	14189,3
Sekamk 30%- Arang 70%	15265,41

Polutan Pada Pembakaran Bahan Bakar

Untuk mengetahui kandungan polutan yang terdapat pada pembakaran biobriket dilakukan penelitian di laboratorium Teknik Mesin UGM.

Tabel 4.3 Polutan Pada Pembakaran Biobriket

Komposisi	Jenis Polutan		
	HC (%)	CO (%)	NO ₂ (%)
Sekam padi : Arang kayu			
30% : 70%	3000	15	290
40% : 60%	3100	70	280
50% : 50%	3800	45	320

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa semakin besar prosentase biomass pada biobriket maka kandungan emisi polutan HC, CO dan NO₂ semakin berkurang. Dari ketiga variasi komposisi tersebut dapat disimpulkan bahwa biobriket yang paling rendah polutannya adalah biobriket dengan komposisi Sekam padi 30%: 70% arang kayu.

KESIMPULAN

1. Laju pembakaran biobriket paling cepat adalah pada komposisi 50% sekam padi : 50% arang kayu. Hal ini dipengaruhi oleh kandungan volatile matter. Semakin banyak kandungan volatile matter suatu biobriket maka semakin mudah biobriket tersebut

- terbakar, sehingga pembakaran semakin cepat.
2. Bio briket dengan tingkat polusi terendah adalah pada komposisi 30% sekam padi : 70% arang kayu. Semakin banyak kandungan karbon suatu biobriket maka semakin banyak kandungan arang kayu pada biobriket akan menurunkan emisi polutan HC
 3. Penggunaan biobriket untuk kebutuhan sehari-hari sebaiknya digunakan biobriket dengan perbandingan komposisi 30% sekam padi : 70% arang kayu
 4. Bio briket dengan campuran 30% sekam padi dan 70% arang kayu mempunyai nilai pembakaran tinggi yang besar sedangkan nilai pembakaran tinggi yang terkecil terdapat pada biobriket dengan campuran 50% sekam padi dan 50% arang kayu

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goutara, Semaugat ketaran, Depdikbud 1980, "Petunjuk Praktek Pengolahan Hasil Pertanian 3".UGM
- [2] Joko, S, 2005, "Pengolahan Sampah Kota menjadi biobriket sebagai salah satu bahan bakar alternative", UMS.
- [3] Edi Soenarjo, Djoko S Damarjati, Mahyuddin Syam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor,1991, " PADI (buku 3)" , UGM
- [4] Babcock & Wilcox, S.C. Stultz and J.B.Kitto, 1992, "STEAM its generation and use"

PREDIKSI *SPRINGBACK* PADA PROSES *DEEP DRAWING* DENGAN PELAT JENIS *TAILORED BLANK* MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA

Tri Widodo Besar Riyadi, Alfian Safaat, Bambang Waluyo Febriantoko

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

Email : tri.riyadi@ums.ac.id

ABSTRAK

Tujuan yang ingin didapat dari simulasi ini yaitu mengetahui terjadinya fenomena *springback* dan "weld movement" pada proses *deep drawing* khususnya pada pelat jenis *tailored blank* sehingga dapat dilakukan permodelan desain *deep drawing* untuk optimasi hasil *draw piece* agar *springback* bukan menjadi masalah dalam proses *deep drawing*.

Pada simulasi ini, model yang digunakan adalah *square cup deep drawing* dengan dimensi model dies, diameter atas $d1 : 180 \text{ mm}$, diameter tengah $d2 : 80 \text{ mm}$, diameter bawah $d3 : 60 \text{ mm}$, kedalaman atas $h1 : 10 \text{ mm}$, kedalaman tengah $h2 : 10 \text{ mm}$ dengan radius 135o, dan kedalaman bawah $h3 : 10 \text{ mm}$. Bahan *tailored welded blanks (TWB)* yang digunakan yaitu pelat baja (*mild steel*) dengan ketebalan 1 mm dan 0,8 mm kemudian di las. Diameter benda uji (*blank*) yang digunakan yaitu : 160 mm.

Hasil simulasi pada kedua pelat tebal dan pelat tipis, menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu bahwa *springback* terbesar terjadi pada bagian penampang samping, sedangkan *springback* terkecil terjadi pada bagian bawah. Sedangkan Pergerakan lajur las (*weld movement*) mengalir dari pelat dengan ketebalan 1 mm menuju ketebalan 0,8 mm, hal ini terjadi karena tegangan mengalir menuju pada pelat yang lebih tipis

Kata kunci: *Tailored Blank, Springback, Weld Movement.*

PENDAHULUAN

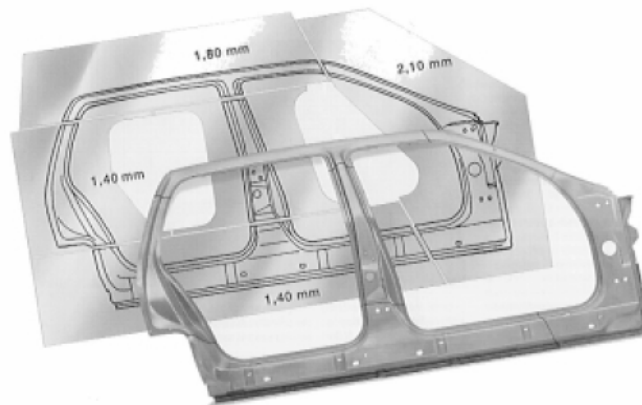
Perkembangan teknologi perangkat keras komputer telah memungkinkan dilakukannya simulasi proses pembentukan material (*material forming*) dengan murah dan dalam skala waktu yang memadai. Berbagai proses pembentukan material dari material lembaran (*sheet forming*) telah berhasil dilakukan dengan cukup memuaskan. Keberhasilan untuk pembentukan material lembaran ini juga telah mendorong penerapan metode yang berbasis komputasi numerik untuk diterapkan pada kasus pembentukan material, seperti proses *deep drawing, forging, casting, dan extrusion*.

Salah satu bagian pada proses *metal forming* adalah *deep drawing*. Proses *deep drawing* adalah proses pembentukan material *steel sheet / blank* mengikuti dies, dimana material *steel sheet / blank* dijepit dan dipasang pada blank holder dan dies yang selanjutnya dengan bantuan mesin press dilakukan penekanan, bentuk akhir ditentukan oleh punch sebagai penekan dan dies sebagai penahan benda kerja saat ditekan oleh punch, sehingga terbentuk komponen yang kita inginkan [1].

Pada prakteknya di industri, desain cetakan dan pemilihan suatu rute proses pembentukan *deep drawing* masih banyak bergantung kepada cara *trial – error* yang tidak efisien baik dari

segi waktu dan biaya. Pengembangan metoda komputasi numerik berbasis metode elemen hingga merupakan salah satu alternatif untuk mempercepat proses optimisasi proses *deep drawing*. Penggunaan teknik pemodelan elemen hingga untuk proses *deep drawing* dapat melakukan prediksi berbagai parameter proses yang terlibat, seperti pola aliran material pada cetakan, distribusi tegangan dan temperatur pada benda kerja, kemungkinan terjadinya cacat dan juga prediksi sifat mekanis dari produk *deep drawing* yang diperoleh. Di samping itu, dapat juga dihitung tekanan yang terjadi pada peralatan pembentuk (*tooling*), sehingga dapat diprediksi kemungkinan terjadinya fraktur pada cetakan [1].

Keberhasilan penggunaan teknik pemodelan proses *deep drawing* di industri terutama ditentukan oleh ketentuan-ketentuan : perangkat lunak yang akurat, cepat dan handal dalam memodelkan berbagai parameter kunci dalam *deep drawing* seperti friksi antara material yang dibentuk dengan cetakan, *interface* yang mudah antara pemakai dengan perangkat lunak, hasil simulasi yang berupa pola alir dari material yang memadai untuk evaluasi proses *deep drawing* dan sifat mekanis produk, ketersediaan tenaga ahli dalam melakukan pelatihan dan adaptasi untuk penggunaan di industri [1].



Gambar 1. Hasil Proses Deep Drawing [2]

Dalam menganalisa cacat pada produk hasil *deep drawing* saat ini masih menggunakan cara konvensional, dimana cara ini masih mengandalkan pengalaman dan keahlian dalam menganalisa kecacatan produk dengan menggunakan metode *trial and error*. Analisis statis menunjukkan bahwa kekuatan dan ketebalan benda adalah parameter yang paling dominan, diikuti oleh *draw ratio*, *punch-die clearance* [3].

Sifat semua material yang mempunyai suatu modulus elastisitas terbatas menyebabkan deformasi plastis akan diikuti oleh sifat elastis material. 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*. *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 cara *overbending*, yaitu sudut pembengkokan lebih kecil daripada yang diperlukan.

Blank yang digunakan dalam proses *deep drawing* juga ada yang menggunakan blank dengan ketebalan berbeda, blank ini biasa disebut *Tailored Welded Blanks* (TWB), yaitu menggabungkan dari dua macam atau lebih lembaran metal dengan ketebalan (*thickness*) berbeda yang disambung menggunakan las. Setelah *tailored welded blanks* (TWB) mengalami deformasi atau ketika punch menekan blank, maka garis sambungan (*weld line*) juga akan

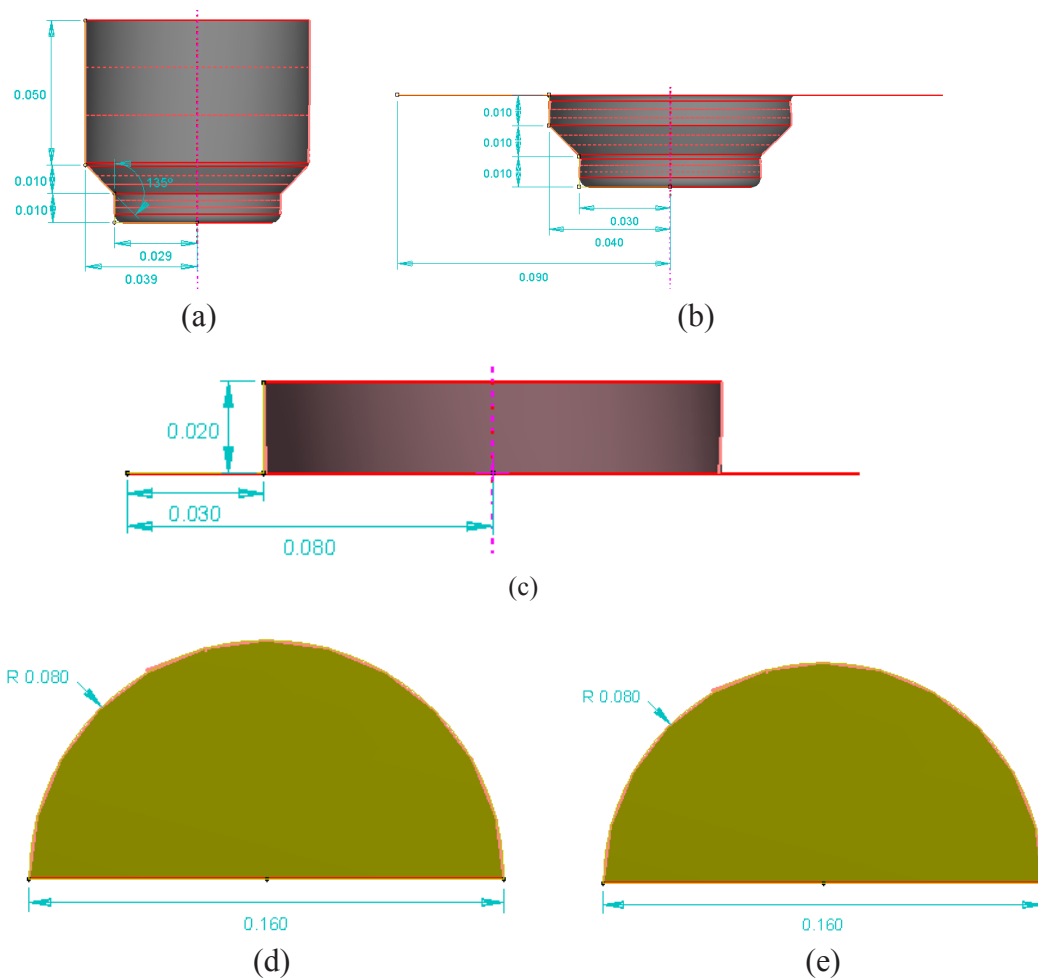
mengalami pergeseran, istilah ini disebut juga dengan *weld movement*. Dalam proses deep drawing sangat identik dengan terjadinya *springback*, maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah mengidentifikasi *springback* yang terjadi pada proses *deep drawing*, sehingga produk yang dihasilkan sesuai dengan rencana.

METODE PENELITIAN

Analisis pada penelitian ini menggunakan software ABAQUS. Program ABAQUS bekerja berdasarkan teori dasar yang dikembangkan pada Metode Elemen Hingga (MEH) yang kemudian ditransfer kedalam bahasa program menggunakan bahasa FORTRAN dan C++ agar bisa dibaca oleh perangkat lunak. Software ABAQUS menyediakan program yang digunakan untuk memodelkan benda yang akan dianalisis yang diberi nama ABAQUS CAE. Program ini berfungsi sebagai desain model yang akan kita analisa kekuatannya. Seperti kebanyakan program komputer yang banyak tersedia dipasaran, ABAQUS mempunyai fasilitas CAD/CAM/CAE yang bisa difungsikan sebagai program analisa elastis dan plastis [4] ABAQUS Theory Manual, 2003.

Preprocessing (ABAQUS CAE)

Pemodelan dilakukan di dalam ABAQUS CAE dengan memasukkan geometri yang telah kita lakukan pengukuran sebelumnya atau dari data yang telah kita import dari input file.



Gambar 2. (a) *Sket Punch*, (b) *Sket Die*, (c) *Sket Blank Holder*, (d) *Sket Blank Tebal* dan (e) *Sket Blank Tipis*

Simulasi (ABAQUS Standard dan ABAQUS Explicit)

ABAQUS Standard dan ABAQUS Explicit digunakan untuk melakukan simulasi dari hasil prosesing didalam software ABAQUS. Pada tingkat ini ABAQUS memecahkan permasalahan yang diberikan kedalam program dengan melakukan penyelesaian secara numerik. Sebagai contohnya keluaran dari analisa tegangan yang meliputi perpindahan dan tegangan yang disimpan dalam file binary siap untuk post processing. Tergantung dari kerumitan masalah yang di analisa dan kemampuan komputer yang digunakan, ini bisa dilihat dari running yang dilakukan bisa dalam beberapa detik atau berhari-hari.

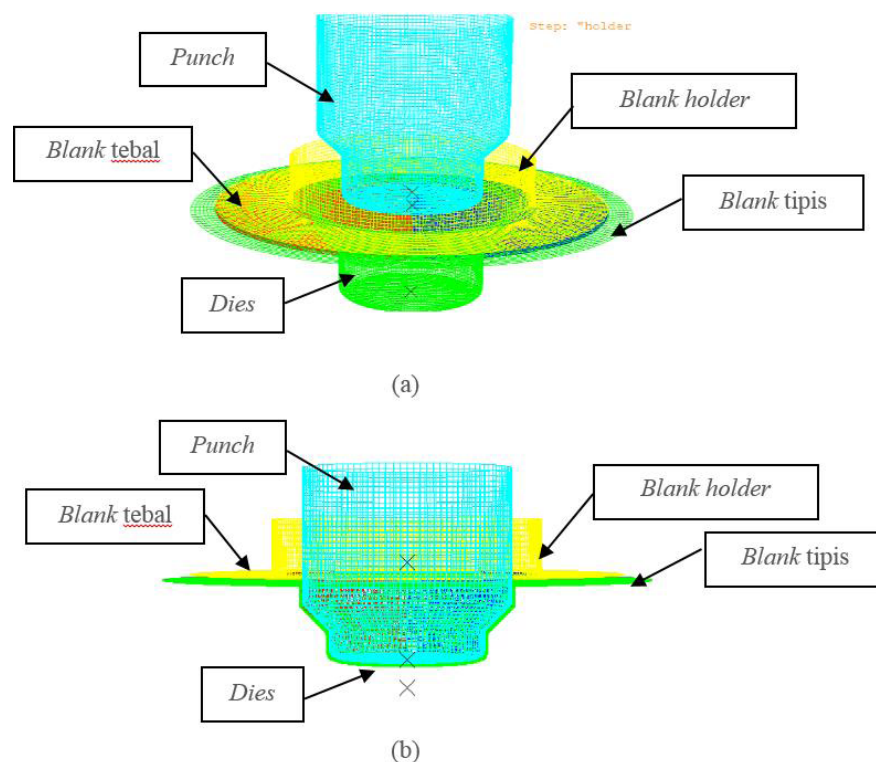
Post Processing (ABAQUS CAE)

Kita bisa mengevaluasi hasil dari simulasi yang telah lengkap dan perpindahan, tegangan atau variabel fundamental lain yang telah selesai dihitung. Evaluasi biasanya dilakukan secara interaktif menggunakan visualisasi modul dari ABAQUS/CAE atau postprocessor yang lain. Modul visualisasi, yang membaca binary file output database, mempunyai bermacam – macam pilihan untuk ditampilkan meliputi plot kontur warna, animasi, plot perubahan bentuk dan plot grafik X-Y.

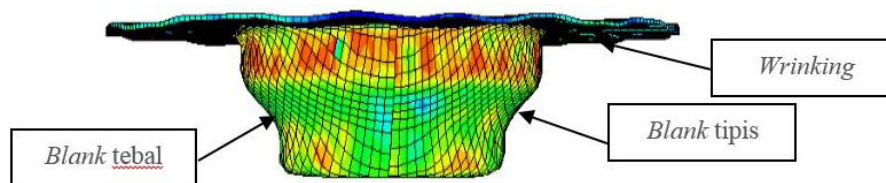
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Visualisasi Proses Tailored Blanks Deep Drawing

Simulasi penelitian yang dilakukan adalah proses deep drawing dengan pelat jenis tailored blank yang terdiri dari dua pelat dengan ketebalan berbeda yaitu 0,8 mm dan 1,0 mm, tapi dari material yang sama yaitu mild steel yang merupakan material elastis plastis. Pelat berbentuk lingkaran yang terbagi menjadi dua bagian yang sama dan disambung dengan las pada bagian tengahnya, yang biasanya dilakukan dengan laser. Visualisasi proses deep drawing menggunakan plat jenis tailored blank dengan ABAQUS terlihat seperti pada gambar 3.



Gambar 3. (a) Kondisi awal proses *deep drawing*, (b) Proses *deep drawing* saat punch telah bergerak ke bawah (*forming*)

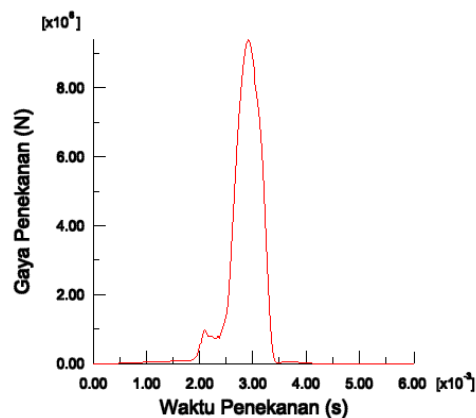


Gambar 4. Hasil proses deep drawing.

Dari hasil simulasi *deep drawing* di atas dapat dijelaskan bahwa bagian yang paling besar meregangnya adalah pada bagian dinding yang tidak bersentuhan dengan *dies*. Dari hasil pengujian diketahui bahwa *weld movement* (gerakan las) pada bagian sisa *cup* bergerak ke arah pelat dengan ketebalan 0,8 mm. Hal ini terjadi karena tegangan tekan mengalir pada pelat yang lebih tipis.

Secara umum, *deep drawing* adalah proses dimana pelat (*blank*) dipaksa mengalir melalui sebuah *dies* dengan beban *punch* sehingga membentuk komponen silindris. Selama proses *deep drawing*, pelat ditekan dengan gaya penekan yang berasal dari mesin penekan sampai mencapai nilai maksimumnya pada TMA. Material akan mengalami regangan yang cukup besar sepanjang diameternya. Bagian yang paling besar meregangnya adalah pada bagian dinding yang tidak bersentuhan dengan *dies*. Pada bagian ini pelat akan mengalami penipisan atau *ironing*. Penipisan dapat menjadikan pelat mengalami retak dan kemudian pecah setelah mencapai kekuatan tarik maksimum pelat. Bagian yang paling kritis dimana sering terjadi pecah adalah pada bagian bawah yang bersentuhan dengan radius *punch*. Pada bagian ini sering terjadi pecah karena tekanan bending yang sangat besar tergantung dari radius *punch*.

Grafik Gaya Punch terhadap waktu penekanan

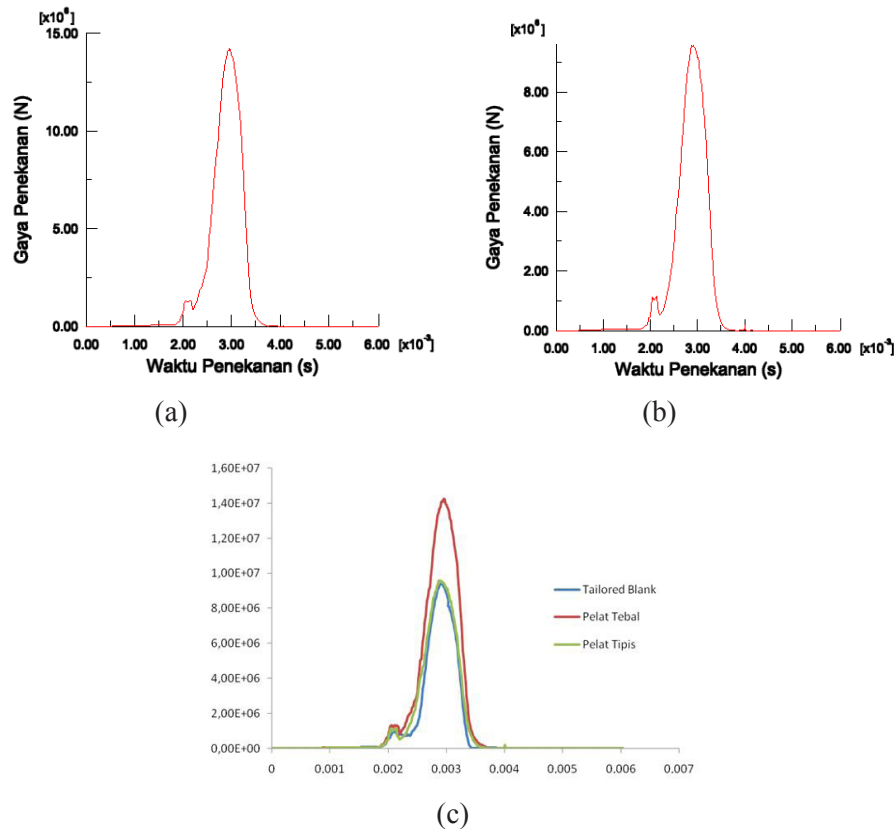


Gambar 5. Gaya Penekanan vs Waktu Penekan Tailored Blank

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil gaya penekanan yang diberikan oleh *punch* terhadap waktu penekanan ketika terjadi proses *deep drawing*. Hasil simulasi *tailored blanks deep drawing* memberikan keterangan bahwa gaya *punch* mengalami dua kali nilai maksimal yaitu ketika mencapai jarak 2,2 mm, gaya *punch* mencapai 12 KN, kemudian gaya akan turun sampai sekitar 8 KN dan kemudian naik lagi sampai nilai maksimum yang kedua yaitu 94 KN. Fenomena dua kali mencapai puncak dalam proses *deep drawing* disini kemungkinan dapat diakibatkan oleh proses penekanan pelat yang mengalami dua tahap, yang menghasilkan dua proses tekuk (*bending*).

Untuk mengetahui perbandingan antara pelat gabungan terhadap pelat homogen,

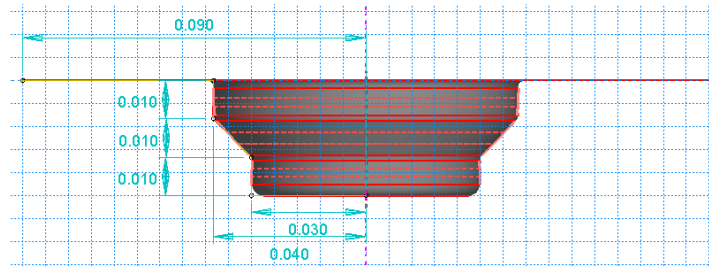
gambar 6 berikut menyajikan perbandingan gaya penekanan versus waktu penekanan *uniformed blank* (*blank* tebal saja dan *blank* tipis saja). Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa besar gaya penekanan material *tailored blank* terletak diantara gaya penekanan pelat homogen yang tipis saja dan yang tebal saja. Hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh las telah diabaikan sehingga tidak mempengaruhi besar gaya penekanan. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh kekuatan las terhadap gaya penekanan.



Gambar 6. (a) Gaya Penekan vs Waktu Penekanan Pelat tebal, (b) Gaya penekanan vs waktu penekanan pelat tipis, (c) Grafik Gabungan Tiga Pelat

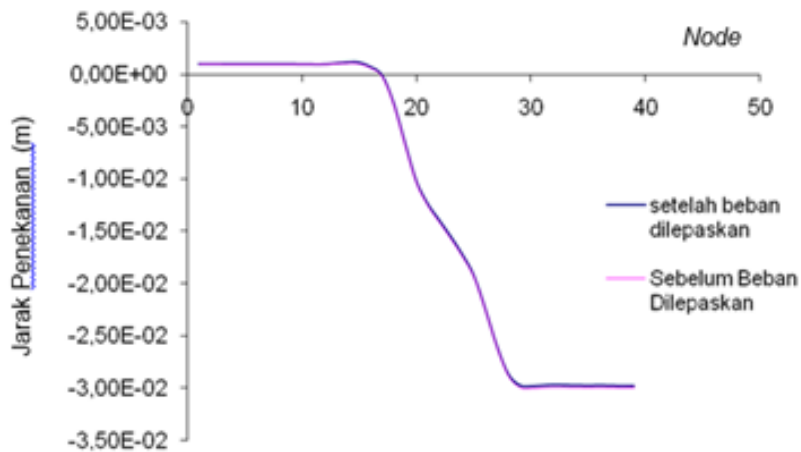
Analisis *springback* pada pelat tebal dan pelat tipis

Pengukuran *springback* dilakukan terhadap pergerakan *node* yang ada di tengah-tengah pelat tebal dan pelat tipis, melintang terhadap arah sambungan. Untuk mengetahui *springback* maka pengukuran *node-node* tersebut dilakukan pada langkah sebelum *punch* diangkat dan setelah *punch* diangkat. Hal ini untuk mengetahui pengaruh sifat elastis material ketika mendapat beban (*load*) dan ketika beban tersebut dilepaskan (*unload*). Pengukuran *springback* disini dilakukan hanya pada sebagian pelat saja mengingat bentuk produk yang simetris. Untuk mempermudah memahami bentuk produk di sini maka sketsa *dies* ditampilkan lagi di gambar 7.

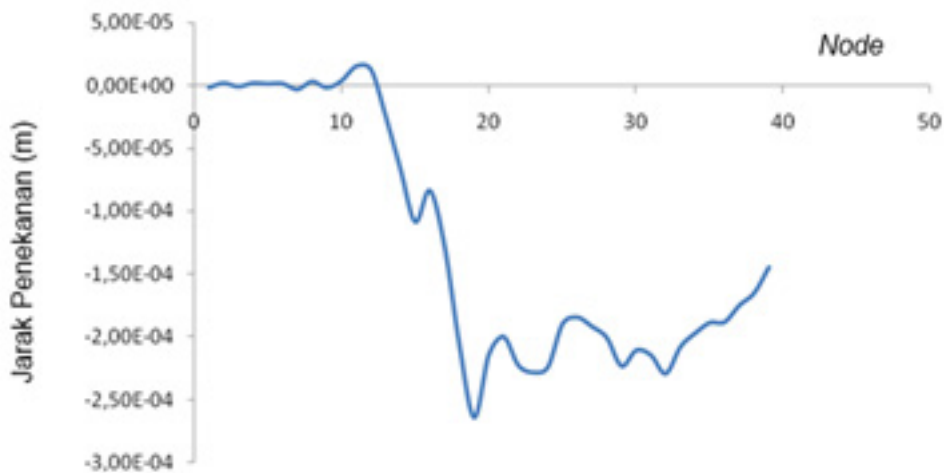


Gambar 7. Dimensi pelat dan dies

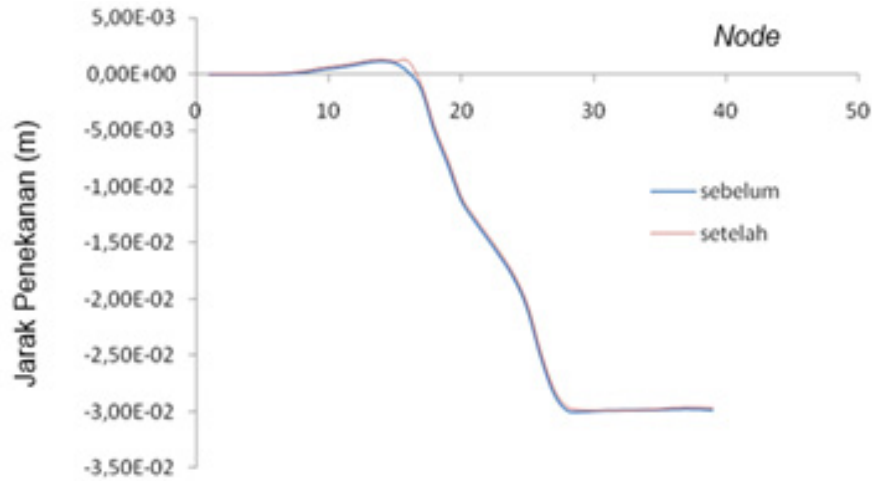
Hasil simulasi *springback* dapat dilihat pada gambar 8 – 11 berikut ini. Garis pertama menunjukkan pergerakan (penampang) pelat sebelum beban *punch* diangkat, dan garis kedua menunjukkan pergerakan (penampang) pelat setelah beban *punch* diangkat. Karena pada *tailored blank* terdapat dua bagian pelat, maka disini ditampilkan dua hasil *springback* yang terjadi masing-masing pada pelat tebal dan pelat tipis. Untuk mengetahui besaran *springback* lebih detail, maka dibuatkan grafik tersendiri terhadap selisih antara *node-node* pada pelat sebelum beban diangkat dan setelah beban diangkat.



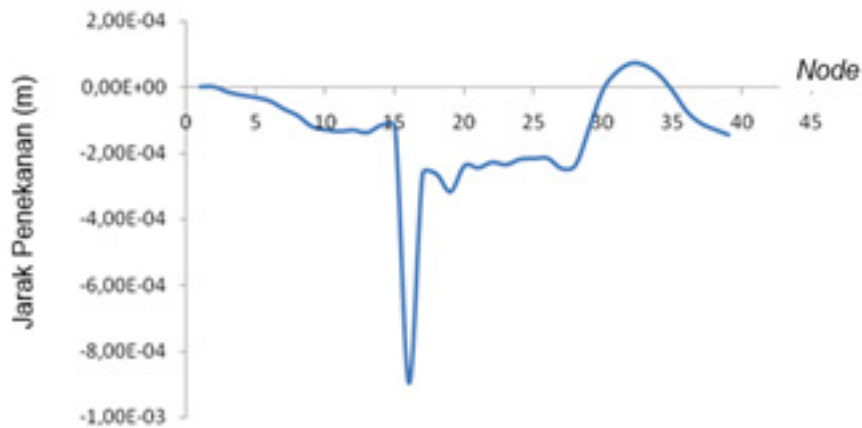
Gambar 8. Pergerakan pelat tebal sebelum dan setelah beban dilepaskan.



Gambar 9. Besaran springback pada pelat tebal

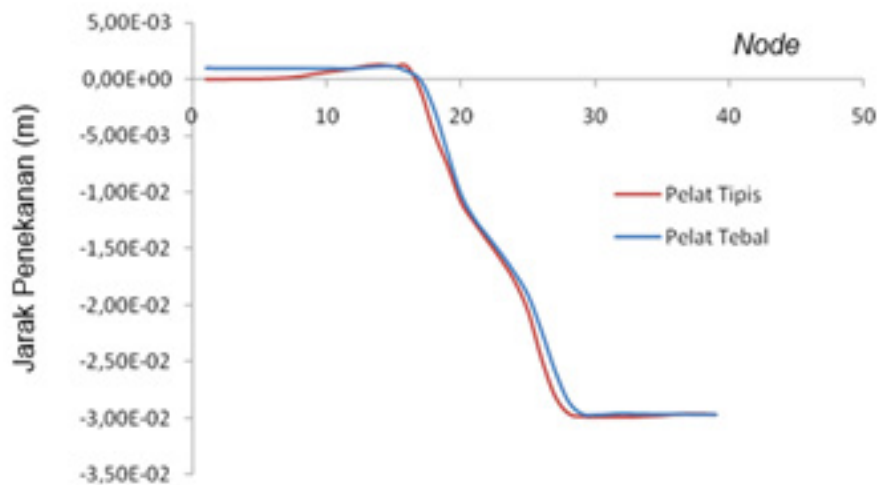


Gambar 10. Pergerakan pelat tipis sebelum dan setelah beban dilepaskan.

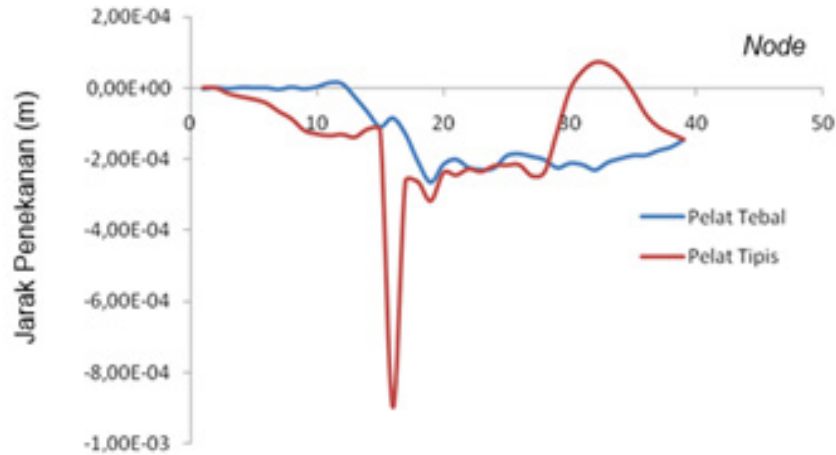


Gambar 11. Besaran springback pada pelat tipis

Untuk mengetahui lebih detail fenomena springback pada pelat tailored blank, maka dilakukan perbandingan springback yang terjadi pada pelat tipis dan pelat tebal secara terpisah. Hasil perbandingannya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



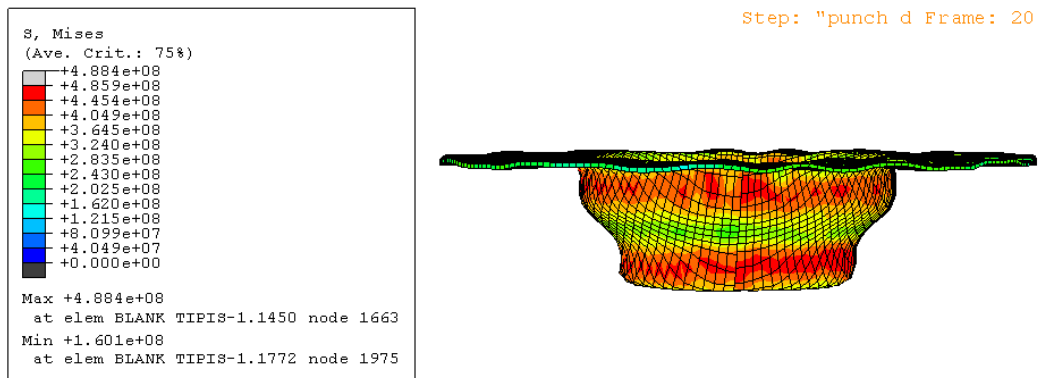
Gambar 12. Perbandingan pelat tipis dan pelat tebal setelah beban dilepaskan



Gambar 13. Perbandingan besaran springback pada pelat tebal dan pelat tipis

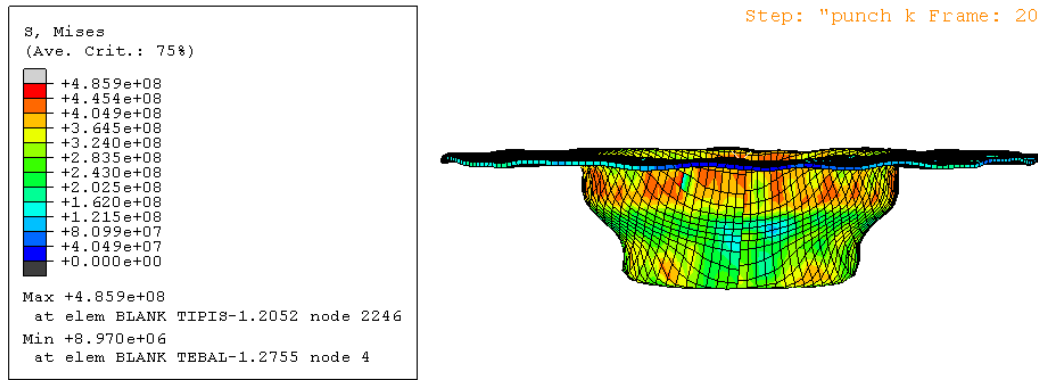
Pada kedua pelat tebal dan pelat tipis tersebut, hasil simulasi menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu bahwa *springback* terbesar terjadi pada bagian penampang samping, sedangkan *springback* terkecil terjadi pada bagian bawah. Agar hasil *deep drawing* sesuai hasil yang diinginkan maka desain dan ukuran *dies* harus disesuaikan dengan *springback* yang terjadi.

Distribusi regangan pada *Tailored Blanks* sebelum dan setelah proses penekanan



Gambar 14. Visualisasi pada *blank* sebelum gaya dihilangkan.

Gambar 14 menunjukkan visualisasi tegangan rata-rata yang terjadi pada *tailored blanks* dengan *steel*, frame ke 20, step time 3.00×10^{-3} second. Pada frame ini menunjukkan visualisasi distribusi tegangan pada seluruh pelat setelah mengalami proses *deep drawing*. Tegangan tertinggi terjadi pada daerah dinding, yang mengalami gaya penarikan yang terbesar. Pada gambar di atas ditunjukkan tegangan maksimum $4,884 \times 10^8$ Pa yang terjadi pada *blank* tebal dengan nomor elemen 1450 nodal 1663, sedangkan tegangan minimum $1,601 \times 10^8$ Pa juga terjadi pada *blank* tebal dengan nomor elemen 1772, nodal 1975.

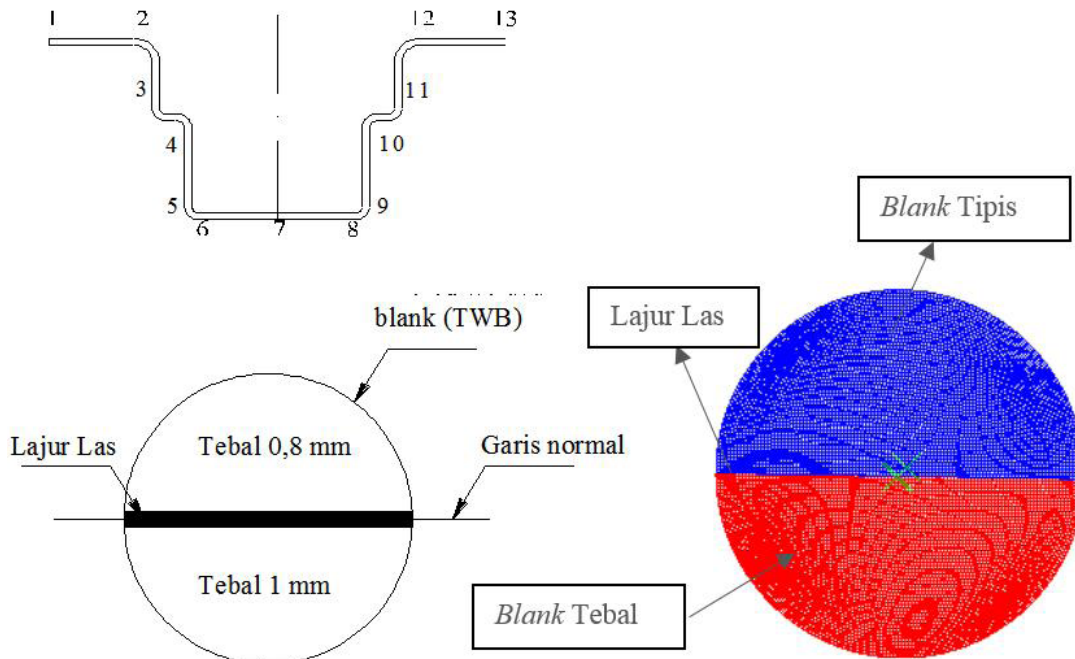


Gambar 15. Visualisasi pada tegangan pada *blank* setelah gaya dihilangkan.

Gambar 15 menunjukkan visualisasi distribusi tegangan yang terjadi setelah gaya *punch* pada proses *deep drawing* dihilangkan pada step *springback*, frame ke 20, step time 3.00E-03 second.. Disini tegangan elastis pada *draw piece* memungkinkan terjadinya *springback*. Pada frame ini tegangan maksimum yang terjadi sebesar 4,859 x 108 Pa yang terjadi pada *blank* tipis dengan elemen nomor 2052 nodal 2246, sedangkan tegangan minimum 8,970 x 106 Pa terjadi pada *blank* tebal dengan elemen nomor 2755 nodal 4. Setelah *punch* ditarik keatas atau gaya *punch* dihilangkan maka akan terjadi gaya balik (*springback*) pada *blank deformable*.

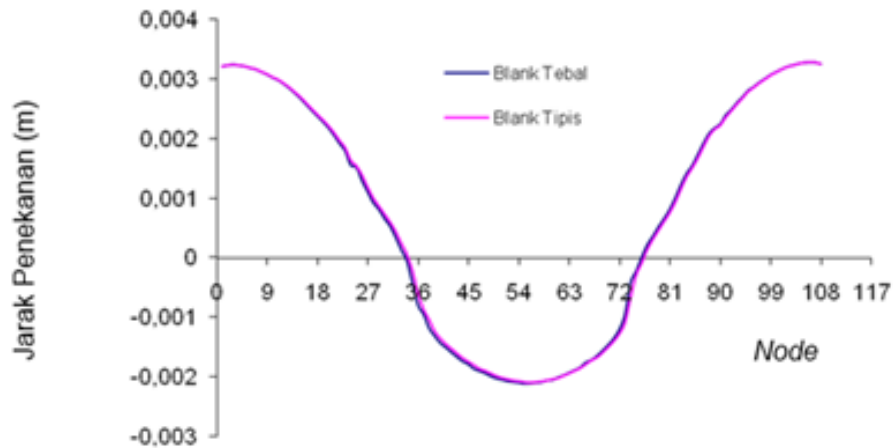
Pergerakan las (*welding displacement*)

Selain terjadinya *springback*, proses *deep drawing tailored blank* juga menyebabkan terjadinya pergerakan dari lajur las yang sangat mempengaruhi tingkat ketepatan ukuran dari hasil *deep drawing*. Maka dari itu penandaan arah lajur las perlu dilakukan. Berdasarkan dari hasil simulasi dapat diketahui pergerakan las (*Welding displacement*) dari *tailored welded blanks*.



Gambar 16. Sketsa Pengukuran *welding displacement* pada *Tailored welded blanks* (TWB)

Metode Pengukuran yang digunakan yaitu dengan cara mengukur jarak lajur las dari garis normal. Harga minus (-) menunjukkan bahwa *welding displacement* menuju pada ketebalan 0,8 mm. Dari hasil pengukuran, dapat diketahui bahwa arah pergerakan lajur las menuju pada ketebalan 0,8 mm. Hal ini terjadi karena tegangan mengalir menuju pada plat yang lebih tipis.



Gambar 17. Penyimpangan lajur las (*Weld movement*) pada pelat tebal dan pelat tipis

Dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa pergerakan lajur las (*weld displacement*) mengalir dari pelat dengan ketebalan 1 mm menuju ketebalan 0,8 mm. *Welding displacement* terbesar terjadi pada titik 3 yang mencapai 3,24 mm dan titik 107 yang mencapai 3,27 mm.

KESIMPULAN

1. Pada kedua pelat tebal dan pelat tipis, hasil simulasi menunjukkan kecenderungan yang sama, yaitu bahwa *springback* terbesar terjadi pada bagian penampang samping, sedangkan *springback* terkecil terjadi pada bagian bawah.
2. Pergerakan lajur las (*weld movement*) mengalir dari pelat dengan ketebalan 1 mm menuju ketebalan 0,8 mm, hal ini terjadi karena tegangan mengalir menuju pada pelat yang lebih tipis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Hasnan. S., 2006. Mengenal Proses Deep Drawing. Jakarta
- [2] Andy. P., 2001. Tailor Welded Blank Applications And Manufacturing. Nort America
- [3] Marciniak, Z., et.al.,2002., Mechanics of Sheet Metal Forming, Butterworth - Heinemann, London.
- [4] ABAQUS Theory Manual, 2003.