

Fuel Feeder Tipe Ulir Untuk Bahan Bakar Biomasa

I Nyoman Suprapta Winaya, I B Ardhiyana & I Gst. Ngrh.Pt. Tenaya

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Badung
e-mail: ins.winaya@me.unud.ac.id

Abstrak

Sistem pemasukan bahan bakar merupakan salah satu sistem yang penting dalam sebuah instalasi pembangkit tenaga untuk mengatur kapasitas pemakaian bahan bakar sehingga proses pembakaran berjalan dengan baik. Proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar biomasa sering mengalami kendala seperti terjadinya pamanfaatan pada daerah saluran akibat terbakarnya biomasa secara dini pada pipa saluran sebelum masuk ke ruang bakar. Salah satu alternatif yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan fuel feeder tipe ulir. Sistem pemasukan bahan bakar tipe ulir pada dasarnya memindahkan biomasa sehingga dapat bergerak mengikuti ulir dengan kecepatan tertentu. Biomasa yang dipakai adalah sekam padi sebanyak 500 ml dengan panas pembakaran yang dikondisikan sebesar 300°C. Feeder dibuat dari nilon pejal dengan dimensi antar ulir 20 mm dan panjang 300 mm. Feeder dilengkapi dengan water jacket pada pipa saluran yang dialiri fluida air konstan pada laju 0,035 l/dt. Putaran motor divariasikan pada 43 dan 46 rpm. Dari hasil penelitian didapatkan laju aliran biomasa rata-rata untuk kecepatan 43 rpm sebesar 0,77 kg/jam dan dengan menggunakan water jacket sebesar 0,85 kg/jam, sedangkan untuk kecepatan 46 rpm diperoleh nilai laju pemasukan rata-rata sebesar 0,72 kg/jam pada kondisi tanpa water jacket dan sebesar 0,86 kg/jam dengan menggunakan water jacket. Dari perhitungan perpindahan panas, pipa saluran diketahui menerima panas sebesar 88,9 W.

Kata kunci : Biomasa, Pemasuk bahan bakar tipe ulir, Laju aliran.

Abstract

Fuel Feeder of Screw Type for Biomass Fuel

A fuel feeder system is one of the important components in the combustion system of a power plant installation. Basically, the screw fuel feeder means that the biomass is made to move in such a way that it follows the screw at a particular speed. The biomass used in this study is 500 milliliters of rice husk. Due to the 300°C constant hot blow taking place on the channel pipe, the screw fuel feeder with the distance of 20 millimeters among the screws made of solid nylon is also completed with a water jacket on the biomass pipe and eggshell on the 0.035 l/s constant fluid flow. During the process in which the biomass is fed, the variation of rotating feeding of fuel of between 43 and 46 rpm is used so that the speed of the fuel feeding can be compared when the pipe with and without water jacket. The investigation shows that the speed of biomass during the process of the fuel feeding in every variation of rotating speed of the fuel feeding averaged 43 rpm without a water jacket system and the feeding rate was found at average of 0.77 kilogram/hour and 0.85 kg/hour with a water jacket. For the speed of 46 rpm, it was found that the feeding rate at averaged of 0.72 kg/hour without water jacket and 0.86 kg/hour with a water jacket. From the heat transfer calculation, it was found that the feeder was achieved 88,9 Watt of heat.

Keywords: Biomass, Screwed fuel feeder, Feeding rate

1. Pendahuluan

Dalam kegiatan sehari-hari kebutuhan terhadap energi merupakan sebuah kebutuhan yang tidak dapat dihindari. Terdapat berbagai macam energi tergantung pada keperluan pemakaiannya, yang salah satunya adalah energi yang diperoleh melalui proses pembakaran yang hingga saat ini masih digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Seperti halnya proses pembakaran untuk rumah tangga yang menggunakan kompor, penggunaan energi pada alat transportasi bermotor, hingga kebutuhan energi pada pabrik-pabrik besar yang menggunakan tungku pembakaran (*combustor*), melakukan proses pelepasan energi dari bahan bakar menjadi energi panas yang dapat diubah menjadi energi lain yang berbeda.

Proses pembakaran bahan bakar biomasa tidaklah lepas dari proses konversi energi untuk melepaskan energi yang terkandung dari bahan bakar tersebut. Namun pada kenyataannya proses pembakaran yang menggunakan bahan bakar biomasa, sering mendapat kendala saat pemasukan bahan bakarnya, dimana laju bahan bakar biomasa sering terhambat karena mengalami pemampatan pada saluran akibat terjadinya pengkerakkan pada dinding saluran, dan sering juga terjadi dimana bahan bakar akan habis sebelum masuk ruang bakar karena dinding saluran menjadi panas yang disebabkan oleh hembusan udara panas dari ruang pembakaran mengalir masuk pada pipa saluran bahan bakar sehingga pada keadaan terburuk akan mengakibatkan mesin berhenti beroperasi karena berhentinya pemasukan bahan bakar [1].

Dalam penelitian ini dilakukan sebuah perancangan *fuel feeder* jenis ulir (*screw*) dilengkapi dengan *water jacket* yang didesain secara terintegrasi. Pengujian dilakukan pada pemasukan bahan bakar dengan memvariasikan kecepatan putaran *feeder*. Besar panas yang masuk ke saluran *feeder* ditentukan dengan menghitung perpindahan panas menyeluruh pada sistem dengan melibatkan pengaruh pendinginan dari *water jacket*.

2. Dasar Teori

2.1. Fuel Feeder

Di dalam teknik pembakaran, bahan-bahan atau partikel padat yang digunakan kadangkala merupakan bahan padat yang berbahaya bagi manusia. Untuk itu diperlukan alat pemasukan bahan-bahan tersebut mengingat keterbatasan kemampuan manusia baik itu berupa kapasitas bahan yang akan diangkut maupun terhadap keselamatan kerja. Salah satu jenis alat pengangkut yang sering digunakan adalah *conveyor* yang berfungsi untuk mengangkut bahan-bahan industri yang berbentuk padat, sedangkan *fuel feeder* itu sendiri merupakan pengaplikasian dari konveyor dalam bentuk yang lebih kecil. Pemilihan alat pemasukan bahan bakar material padatan antara lain tergantung pada :

- Kapasitas material yang ditangani
- Jarak perpindahan material
- Kondisi pengangkutan : horizontal, vertikal atau inklinasi
- Ukuran (*size*), bentuk (*shape*) dan sifat material (*properties*)

- Harga peralatan tersebut.

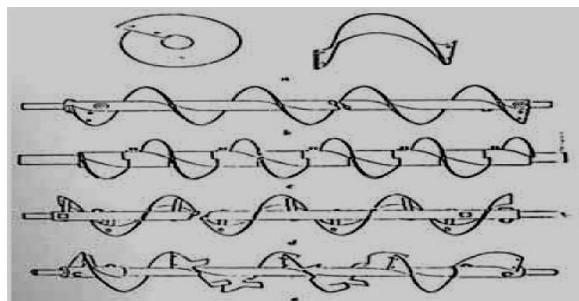
Feeder adalah sebuah konveyor yang berukuran pendek yang berfungsi untuk memasukkan bahan bakar menuju ruang bakar. Konveyor sekrup (*screw conveyor*) adalah jenis konveyor yang paling tepat untuk mengangkat bahan padat berbentuk kecil dan ringan. Penggunaannya dalam kapasitas pemindahan bahan bakar padat yang berukuran kecil dapat dimodifikasi dimensinya yang disebut *screw conveyer feeder*. Alat ini pada dasarnya terbuat dari pisau yang berpilin mengelilingi suatu sumbu sehingga bentuknya mirip sekrup. Pisau berpilin ini disebut *flight* [2]. Macam-macam *flight* adalah:

- *Sectional flight*
- *Helicoid flight*
- *Special flight, terbagi:*
 - *Cast iron flight*
 - *Ribbon flight*
 - *Cut flight*

Konveyor tipe *sectional flight* (Gambar 1-a) dibuat dari pisau-pisau pendek yang disatukan, tiap pisau berpilin satu putaran penuh dengan cara disimpul tepat pada tiap ujung sebuah pisau dengan paku keling sehingga akhirnya akan membentuk sebuah pilinan yang panjang. Sebuah *helicoid flight*, bentuknya seperti pita panjang yang berpilin mengelilingi suatu poros (Gambar 1-b). Untuk membentuk suatu konveyor, *flight-flight* itu disatukan dengan cara dilas tepat pada poros yang bersesuaian dengan pilinan berikutnya. Jenis *special flight* yang digunakan untuk suhu dan tingkat kerusakan tinggi adalah *flight cast iron*. *Flight-flight* ini disusun sehingga membentuk sebuah konveyor (Gambar 1-c). Untuk bahan yang lengket, digunakan *ribbon flight* (Gambar 1-d). Untuk mengaduk digunakan *cut flight* (Gambar 1-e). *Flight* pengaduk ini dibuat dari *flight* biasa, yaitu dengan cara memotong-motong *flight* biasa lalu membelokkan potongannya ke berbagai arah.

Untuk mendapatkan konveyor panjang yang lebih sederhana dan murah, biasanya konveyor tersebut disusun dari konveyor-konveyor pendek. Sepasang konveyor pendek disatukan dengan sebuah penahan yang disebut *hanger* dan disesuaikan pasangannya pilinannya.

Tiap konveyor pendek mempunyai standar tertentu sehingga dapat dipasang dengan konveyor pendek lainnya, yaitu dengan cara memasukkan salah satu poros sebuah konveyor ke lubang yang terdapat pada poros konveyor yang satunya lagi.



Gambar 1. Screw Conveyor : a. Sectional ; b. Helicoid; c. Cast Iron; d. Ribbon; e. Cut Flight

2.2. Pembakaran Bahan Bakar Padat

Pembakaran (*combustion*) adalah suatu reaksi kimia eksoterm yang terjadi secara kompleks antara bahan bakar (biasanya hidrokarbon) dan oksigen yang secara bersamaan menghasilkan panas, dan cahaya yang disertai bantuan dari peralatan luar yang mampu memercikkan api untuk penyalaan awalnya [3].

Penggunaan bahan bakar padat untuk pembakaran telah diketahui manusia sejak ada bahan

yang dapat dibakar. Di bidang teknologi penggunaannya sangat luas sekali, yaitu digunakan dalam proses pembuatan kapur, pemanas ketel, sampai peleburan logam. Cara pembakaran bahan bakar padat ini adalah dengan menggunakan tungku bakar (*furnace*), alat bakar (*burner*), hingga penggunaannya pada proses gasifikasi. Selain mengandung karbon dan hidrogen, bahan bakar padat juga mengandung oksigen, air, dan abu dalam jumlah yang signifikan, begitu juga dengan nitrogen dan belerang yang terikat dalam bahan bakar dan dalam jumlah yang bervariasi. Jenis-Jenis bahan bakar padat :

- Batubara
- Kokas
- Kayu
- Arang kayu
- Ampas tebu
- Gambut
- *Refused Solid Oil*
- Biomasa

Dari sekian banyak jenis-jenis bahan bakar padat yang ada, salah satunya adalah biomasa. Biomasa adalah material selulosa yang mana secara kasar dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu : biomasa kayu dan biomasa *non-kayu*. Biomassa *non-kayu* dapat digunakan sebagai bahan bakar, terdiri dari limbah pertanian seperti limbah tebu, jerami, limbah jagung, dan limbah padi.

Menurut proses berlangsungnya, pembakaran dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain:

- **Pembakaran Langsung**
Pada dasarnya fenomena pembakaran langsung biomassa menjadi panas telah dilakukan oleh nenek moyang kita sejak jutaan tahun yang lampau. Dengan membakar kayu, dedaunan, yang dipergunakan untuk memasak, membakar maupun menghangatkan tubuh. Dizaman yang telah maju ini, telah banyak teknologi yang lebih efisien untuk menghasilkan panas melalui biomassa. Berbagai pabrik banyak mengadopsi mekanisme pembakaran langsung ini untuk menghasilkan uap. Uap panas akan dialirkan dalam turbin yang dihubungkan dengan generator, sehingga setiap putaran generator akan menghasilkan energi listrik. Awalnya biomassa dibakar dalam ruang bakar untuk memanaskan boiler atau ketel uap. Ketel uap akan menghasilkan uap panas dan kerja selanjutnya adalah seperti pada keterangan di atas. Metode pembakaran langsung limbah biomassa diterapkan pada pabrik gula menggunakan ampas tebu yang merupakan limbah hasil proses produksi gula. Listrik yang dihasilkan dipergunakan untuk memproduksi gula itu sendiri sehingga sistem ini merupakan siklus yang memanfaatkan limbah biomassa menjadi energi listrik.
- **Pirolisis**
Pirolisis merupakan suatu proses pembakaran biomassa dengan melibatkan sedikit oksigen pada temperatur tinggi. Produk yang dihasilkan dari pirolisis adalah minyak, arang dan gas sintetik atau *syngas*. Masing-masing produk pirolisis merupakan bahan bakar yang dapat di konversi menjadi listrik melalui berbagai cara yang berbeda. Minyak dapat dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi listrik melalui mesin pembakaran dalam atau internal combustion engine seperti motor bensin maupun motor diesel. Hasil gerakan dapat dihubungkan pada generator untuk menghasilkan listrik. Char atau arang merupakan sisa pirolisis yang dapat dipergunakan sebagai bahan bakar padat. Seperti diterangkan diatas tentang pembakaran langsung, arang dapat dipergunakan sebagai pembakaran pada proses

pembakaran langsung melalui ataupun tanpa melalui proses densifikasi. Sedangkan *Syngas* dapat menghasilkan energi listrik melalui turbin gas.

- *Co-firing*

Co-firing merupakan proses pembakaran langsung dengan mengkombinasikan bahan bakar antara batubara dengan biomassa untuk menghasilkan energi. Cara ini dilakukan untuk menurunkan emisi yang dikeluarkan oleh batubara sehingga menurunkan dampak pemanasan global yang sedang marak diperdebatkan. Selain menurunkan emisi, kombinasi antara batubara dengan biomassa, seperti penelitian yang dilakukan oleh *National Energy Laboratory (NREL)* menunjukkan bahwa kombinasi ini dapat meningkatkan efisiensi turbin hingga 33 % - 37%. Beberapa keuntungan yang dihasilkan dari kombinasi batubara dan biomassa yaitu : menurunkan *sulphur* dioksida yang dapat menyebabkan hujan asam, kabut, dan polusi *ozon*. Disamping itu, karbon dioksida yang dilepaskan dari hasil pembakaran akan menurun.

- Gasifikasi

Gasifikasi adalah suatu proses konversi untuk merubah material baik cair maupun padat menjadi bahan bakar gas dengan menggunakan temperatur tinggi. Proses gasifikasi menghasilkan produk bahan bakar gas yang bersih dan efisien daripada pembakaran secara langsung, yaitu hidrogen dan karbon monoksida. Gas hasil dapat dibakar secara langsung pada *internal combustion engine* atau reaktor pembakaran dan dapat juga digunakan pada turbin gas untuk dikonversi menjadi listrik.

- *Anaerobic digestion*

Biogas merupakan sebuah proses produksi gas bio dari material organik dengan bantuan bakteri. Proses degradasi material organik ini tanpa melibatkan oksigen disebut *anaerobik digestion*, gas yang dihasilkan sebagian besar (lebih 50 %) berupa metana. Material organik yang terkumpul pada digester (reaktor) akan diuraiakan menjadi dua tahap dengan bantuan dua jenis bakteri. Tahap pertama material organik akan didegradasi menjadi asam-asam lemah dengan bantuan bakteri pembentuk asam. Bakteri ini akan menguraikan sampah pada tingkat *hidrolisis* dan *asidifikasi*. *Hidrolisis* yaitu penguraian senyawa kompleks atau senyawa rantai panjang seperti lemak, protein, karbohidrat menjadi senyawa yang sederhana. Sedangkan *asidifikasi* yaitu pembentukan asam dari senyawa sederhana. Maka Setelah material organik berubah menjadi asam-asam, tahap kedua dari proses *anaerobik digestion* adalah pembentukan gas metana dengan bantuan bakteri pembentuk metana seperti *methanococcus*, *methanosarcina*, *methano bacterium*. Gas metana inilah yang dapat di konversi menjadi energi listrik melalui turbin gas. Perkembangan proses *Anaerobik digestion* telah berhasil pada banyak aplikasi. Proses ini memiliki kemampuan untuk mengolah sampah / limbah yang keberadaanya melimpah dan tidak bermanfaat menjadi produk yang lebih bernilai. Aplikasi *anaerobik digestion* telah berhasil pada pengolahan limbah industri, limbah pertanian, limbah peternakan, dan *municipal solid waste (MSW)*.

3. Perancangan Fuel Feeder

Berikut ini akan dijelaskan bagaimana proses perancangan *fuel feeder* berjenis ulir secara teoritis;

- Diameter ulir pada *fuel feeder* ini ditentukan sebesar, $D_{ulir} = 25\text{mm} = 2.5\text{cm} = 25 \times 10^{-3} \text{m}$.

- Sedangkan untuk panjang *fuel feeder* ditentukan sebesar $L = 30\text{cm} = 0,3\text{m}$.
- Dengan mengetahui diameter ulir, maka didapat nilai jarak antara puncak ulir yaitu $S = 0,8D_{ulir}$, maka nilai yang dihasilkan adalah :

$S = 0,8 \times 25\text{mm} = 20\text{mm} = 2 \times 10^{-3}$, untuk tinggi ulir dari sisi paling luar poros ulir, diasumsikan sama dengan jarak antara puncak ulir (S), dengan sudut sebesar 90° dari titik nol horisontal. Pada *fuel feeder* tipe ulir bentuk ulir adalah persegi baik dari puncak hingga pangkal ulir, karena pada keadaan sebenarnya ulir untuk feeder merupakan pisau yang berpilin mengelilingi suatu sumbu sehingga bentuknya mirip ulir.

- Tebal ulir adalah 3mm.
- Setelah ketentuan pada ulir ditetapkan maka dilakukan proses pemesinan
- Kemiringan pada *helix* (α , sudut yang didapat pada saat pemesinan dari rentangan ulir yang berjarak (S)), didapat nilai sebesar : 20° .
- Sudut ϕ , merupakan sudut friksi yang dibentuk dari tekanan material saat dipindahkan oleh ulir diasumsikan 0° , dimana sudut-sudut yang dijelaskan berhubungan dengan gaya aksial yang dihasilkan oleh ulir pada saat proses pemasukan bahan bakar yang ditunjukkan dengan persamaan 1 :

$$P = \frac{M_0}{r \tan(\alpha + \phi)} \quad (1)$$

dimana :

- P = gaya aksial dari *feeder*
- M_0 = torsi pada *feeder*
- r = radius dari gaya aksial yang disebabkan oleh *feeder*, diperoleh
- ϕ = merupakan sudut friksi yang dibentuk dari tekanan material saat dipindahkan
- α = sudut kemiringan pada *helix*

Bahan dari alat simulasi yang berupa ulir dipilih berdasarkan pertimbangan berikut :

- Bahan mudah dibentuk pada saat proses pembuatan ulir, dalam hal ini adalah proses pemesinan.
- Bahan kuat, elastis, dan ringan.
- Harga bahan murah.
- Mudah didapatkan.

Maka dari pertimbangan-pertimbangan yang telah disebutkan di atas, bahan untuk simulasi alat pemasukan bahan bakar yang dipilih adalah :

Bahan pemesinan yang berupa nilon silinder pejal, $D_{nilon} = 45\text{mm}$; $L_{nilon} = 35\text{cm}$.

Dengan melihat tabel 2.1 putaran maksimum *feeder* diperoleh dari membandingkan kecepatan putaran *feeder* dengan konveyor tipe ulir yang berhubungan dengan diameter alat tersebut, yaitu :

$$\frac{D_{feeder}}{D_{konveyor}} = \frac{n_x}{n_{max.konveyor}}$$

$$\frac{45\text{mm}}{150\text{mm}} = \frac{n_x}{150\text{rpm}}$$

$$150 \times \quad = 45 \times 150$$

$$n_{max.feeder} = 45 \text{ rpm.}$$

Kecepatan putaran maksimal *feeder* diperoleh sebesar 45 rpm dan putaran minimum yang dipakai 23,3 rpm, akan tetapi pada kenyataannya kecepatan motor listrik yang paling rendah adalah 1400 rpm dengan daya $\frac{1}{4}$ hp, berdasarkan dari hal tersebut maka dipakailah sebuah *speed reducer* agar mendapatkan putaran yang sesuai.

Perbandingan *speed reducer* dipilih berdasarkan nilai maksimal putaran yang dihasilkan *feeder*, tetapi *speed reducer* yang ada telah mempunyai standar perbandingan, dan setelah dihitung dengan putaran motor diperoleh sebuah hasil reduksi putaran,

juga ketersediaan alat di lapangan yang disajikan dalam bentuk tabel, yaitu :

Tabel 1. Hasil reduksi putaran *speed reducer* terhadap putaran motor listrik

n_{motor} , rpm	1400	1400	1400
Perbandingan reduksi	1 : 20	1 : 30	1 : 60
n_{hasil} , rpm	70	46,67	23,3
Ketersediaan produk di lapangan	Tidak ada	Tidak ada	Ada

Dari tabel diatas maka digunakan alat reduksi dengan perbandingan 1 : 60, dan untuk mendapatkan putaran maksimal dari *reducer* sebesar 46,67 rpm maka dipakailah sistem perbandingan puli, sebagai berikut [5]:

Tabel 2. Tabel Perbandingan Reduksi Puli

Puli antara motor dengan <i>reducer</i>	Puli pada <i>reducer</i> (1 : 60)	Puli pada Motor 1400 rpm	Putaran maksimal yang dihasilkan
1	3" in	3" in	23,3 rpm
2	3" in	6" in	46,6rpm

Sehingga dari tabel diatas dipilih perbandingan puli yang kedua untuk memperoleh kecepatan putaran sebesar 46 rpm, motor listrik diberikan *fan regulator* yang memungkinkan putaran diperlambat hingga 23.3 rpm. Dari penentuan diameter *feeder* diatas dan jika massa jenis bahan bakar sekam padi dalam 1 m³ kotak penampung bahan bakar sebesar 122 x10⁻³ ton/m³, maka dapat dihitung laju berat aliran bahan bakar yang dipindahkan secara teoritis yaitu [4]

$$Q_{teori} = 60 \frac{\pi D^2}{4} S \cdot n \cdot \psi \cdot \gamma \cdot C \quad (2)$$

Diketahui :

$$D = 25 \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$S = 0,8D_{ulir} = 20 \times 10^{-3} \quad (\text{m})$$

$$n_{max} = 45 \quad (\text{rpm})$$

$$\gamma = \text{massa jenis material} = 122 \times 10^{-3} \quad (\text{ton/m}^3)$$

$$\psi = \text{efisiensi vertikal screw, dipilih : 0,25 untuk material sedikit kasar, dengan aliran lambat}$$

$$C = \text{faktor kemiringan screw terhadap aliran material, dipilih : } C = 1,0$$

karena, β = sudut kemiringan screw (0°) maka penyelesaiannya, adalah :

$$\begin{aligned} &= 60 \times \frac{3,14 \times (0,025)^2}{4} \times 0,02 \times 45 \times \\ &\quad 0,25 \times 0,122 \text{ ton/m}^3 \times 1 \\ &= 60 \times 0,00049 \times 0,02745 \\ &= 0,00080 \text{ ton/jam} = 0,80 \text{ kg/jam} \\ &= \frac{1000}{60} \times 0,80 = 133,3 \text{ gr/mnt} \end{aligned}$$

Maka kapasitas material yang dipindahkan (V , m³ / jam).

$$Q_{teori} = V\gamma \quad (3)$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{Q_{teori}}{\gamma} \\ &= \frac{0,80 \times 10^{-3}}{122 \times 10^{-3}} \left(\frac{\text{ton/jam}}{\text{ton/m}^3} \right) \\ &= 0,0065 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Setelah kapasitas teori diketahui untuk mendapatkan persamaan (3) maka diperlukan perhitungan lain seperti perhitungan rencana daya

feeder dan perhitungan rencana torsi *feeder* yang mengacu pada persamaan 3, yaitu :

Perhitungan rencana daya *feeder* :

Karena telah diketahui :

$$\begin{aligned} Q_{teoritis} &= 0,00080 \text{ (ton/jam)} \\ &= 0,80 \text{ kg/jam} \\ L &= 0,3 \text{ (m)} \\ \omega_0 &= \text{faktor keamanan material} \\ &\quad \text{dipilih } 4,0 \\ \beta &= 0 \text{ (}^\circ\text{)}, \text{ maka daya yang} \\ &\quad \text{dibutuhkan feeder, adalah :} \\ N_0 &= \frac{QL}{367} \omega_0 \pm \sin \beta \quad (4) \\ &= \frac{0,80 \cdot 0,3}{367} 4,0 \pm \sin 0^\circ \\ &= 0,0026 \pm 0 \\ N_0 &= 0,0026 \text{ kW} \\ &= 2,6 \text{ W} \end{aligned}$$

Untuk menghitung rencana torsi *feeder* dipakai persamaan berikut :

$$M_0 = 975 \frac{N_0}{n} \quad (5)$$

dimana :

$$N_0 = \text{daya yang dibutuhkan (kW)}$$

$$n = \text{putaran feeder (rpm)}$$

diketahui :

$$N_0 = 0,0026 \quad (\text{kW})$$

$$n = 45 \quad (\text{rpm})$$

maka torsi rencana yang dihasilkan, adalah :

$$\begin{aligned} M_0 &= 975 \times 0,000058 \\ &= 0,056 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai torsi rencana maka gaya aksial rencana dari *feeder* dapat dicari, yaitu :

$$\begin{aligned} P_{rencana} &= \frac{0,056}{0,01 \tan(20^\circ + 0^\circ)} \left(\frac{\text{kgm}}{\text{m}} \right) \\ &= \frac{0,056}{0,0036} \left(\frac{\text{kgm}}{\text{m}} \right) \\ &= 15 \text{ kg} \end{aligned}$$

Poros penggerak (d_s) pada alat simulasi *fuel feeder* dipilih berdasarkan perhitungan berikut: [5]

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} k_f C_b T \right]^{1/3} \quad (6)$$

Untuk mencari nilai diameter poros yang akan dipakai, maka diperlukan perhitungan-perhitungan lain dan penentuan nilai faktor-faktor pendukung yang digunakan seperti berikut :

$$P_d = \text{daya rencana penggerak poros (kW)}$$

dimana,

$$P_d = f_c \cdot P, \text{ dan } P \text{ dicari sebagai :}$$

$$P = \frac{1}{4} \times 0,735 = 0,18375 \text{ kW}$$

f_c = faktor koreksi daya yang diperlukan, yaitu sebesar 1,2 yang dipilih berdasarkan perhitungan daya rencana pada *feeder* yang diperoleh agar system berjalan dengan baik.

Maka perhitungan daya rencana untuk motor penggerak adalah

$$\begin{aligned} P_d &= 1,2 \times 0,18375 \\ &= 0,22 \text{ kW} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui daya rencana dari motor penggerak, kemudian dapat dicari momen puntir rencana pada poros penggerak dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [5] :

$$\begin{aligned} T &= 9,47 \times 10^5 \frac{0,22}{45} \text{ (kg.mm)} \\ &= 4630 \text{ kg.mm} \end{aligned}$$

Bahan untuk poros dipilih batang baja untuk poros dengan lambang S45C-D dengan kekuatan tarik (τ_b) sebesar 60 kg / mm², karena poros akan menggunakan pasak maka ditentukan faktor keamanan (S_{f1}) serta faktor kekasaran pada bahan poros (S_{f2}),

adapun nilai-nilai tersebut adalah; Untuk nilai faktor keamanan (S_{f1}) pada bahan berlambang S-C dengan pengaruh massa, telah ditetapkan sebesar 6,0. Untuk nilai faktor kekasaran (S_{f2}) pada bahan berlambang S-C, disarankan dipilih antara nilai 1,3-3,0 sehingga dari rentang nilai tersebut dipilih nilai sebesar 2,0 karena kekasaran permukaan pada bahan yang dipakai pada penelitian ini cukup besar.

Setelah menentukan bahan poros penggerak dan faktor-faktor yang diperlukan, maka dapat dihitung nilai tegangan geser pada poros penggerak dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\tau_a = \frac{\tau_b}{S_{f1} \times S_{f2}} \quad (7)$$

diketahui :

$$\begin{aligned} \tau_b &= 60 \text{ (kg / mm}^2\text{)} \\ S_{f1} &= 6,0 \\ S_{f2} &= 2,0 \end{aligned}$$

maka nilai tegangan geser yang dihasilkan oleh poros adalah :

$$\begin{aligned} \tau_a &= \frac{60}{6,0 \times 2,0} \quad \text{(kg / mm}^2\text{)} \\ \tau_a &= 5 \text{ kg / mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai tegangan geser rencana, langkah berikutnya adalah menentukan nilai faktor koreksi momen puntir (K_t), jika poros akan dikenakan beban secara halus diberikan nilai faktor koreksi sebesar 1,0, sedikit kejutan atau tumbukan nilai yang dipilih antara 1,0-1,5, hingga dikenakan beban dengan kejutan atau tumbukan yang besar nilai yang dipilih antara 1,3 sampai 3,0. Dalam perancangan simulasi alat pemasukan bahan bakar ini, faktor koreksi yang digunakan adalah sebesar 1,5, nilai tersebut dipilih berdasarkan perkiraan jika akan terjadi kejutan pada saat *start* awal dari alat simulasi.

Kemudian menentukan nilai faktor C_b , jika diperkirakan akan terjadi pembebanan lentur pada poros maka ditentukan nilai faktor pembebanan lentur dengan pertimbangan nilai antara 1,2 sampai 2,3, dan nilai 1,0 jika diperkirakan tidak terjadi pembebanan lentur. Berdasarkan rentang yang telah disebutkan maka dipilih nilai perkiraan pembebanan lentur pada poros sebesar 2,0.

Langkah berikutnya adalah menentukan besarnya diameter poros penggerak yang akan dipakai pada alat pemasukan bahan bakar dengan memasukkan nilai-nilai faktor pendukung yang telah dipilih dan hasil perhitungan yang telah dicari, sehingga :

$$\begin{aligned} d_s &= \left[\frac{5,1}{5} 1,5 \times 2 \times 4630 \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{(mm)} \\ d_s &= 24 \text{ mm} \end{aligned}$$

maka diameter poros penggerak yang dipakai adalah sebesar 24 mm. Skematik peralatan fuel feeder selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

3. Metode Penelitian

3.1. Deskripsi Alat

Skematik hasil perancangan dapat dilihat pada Gambar 1 dan untuk deskripsi keseluruhan alat uji dapat dilihat pada Gambar 2.

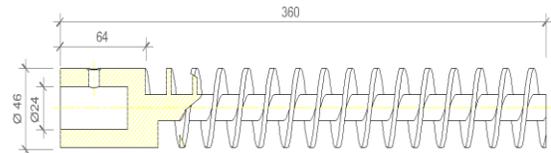
3.2. Pelaksanaan Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian ini yaitu :

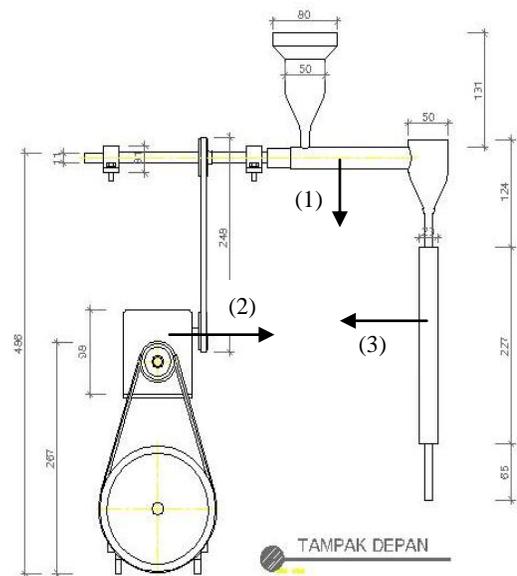
- Menyiapkan segala perlengkapan untuk penelitian.
- Memasang alat ukur yang diperlukan antara lain tachometer yang diletakkan pada as-puli yang menggerakkan *feeder* (1), termometer diletakkan pada simulasi tungku bakar, dan menjaga agar suhu konstan pada 300°C, dan gelas ukur diletakkan pada saluran keluar bahan

bakar untuk menampung dan mengukur volume bahan bakar.

- Menghidupkan alat penelitian untuk pengujian pertama, dengan menghidupkan motor listrik (2), mengatur putaran motor yang diperlukan pada proses simulasi pembakaran, dan mengatur aliran fluida pendingin pada *water jacket* (3) agar konstan dan melakukan pengambilan data.
- Pengambilan data dengan mencatat data yang diperlukan pada tabel proses simulasi pembakaran pertama.
- Bersihkan pipa saluran pemasukan bahan bakar kemudian mengatur ulang alat penelitian untuk pengujian kedua, dengan mengatur putaran motor listrik agar konstan pada n-putaran, dan mengatur aliran fluida pendingin pada *water jacket* menjaga putaran keran tetap konstan, kemudian melakukan pengambilan data selama satu jam proses simulasi pembakaran.
- Pengambilan data dengan mencatat data yang diperlukan pada tabel proses simulasi pembakaran kedua.
- Setelah mendapatkan data yang diperlukan maka proses simulasi pemasukan bahan bakar dihentikan, mengembalikan keadaan alat pada posisi awal, mematikan alat simulasi.



Gambar 2. Rancangan Screw Feeder

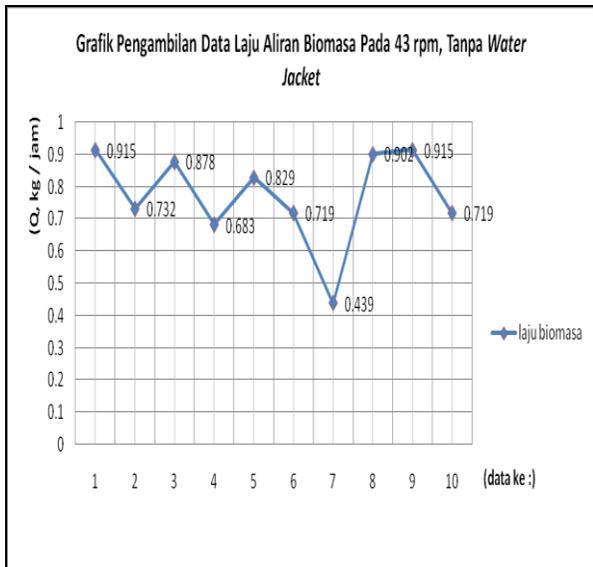


Gambar 3. Rancangan Sistem Fuel Feeder

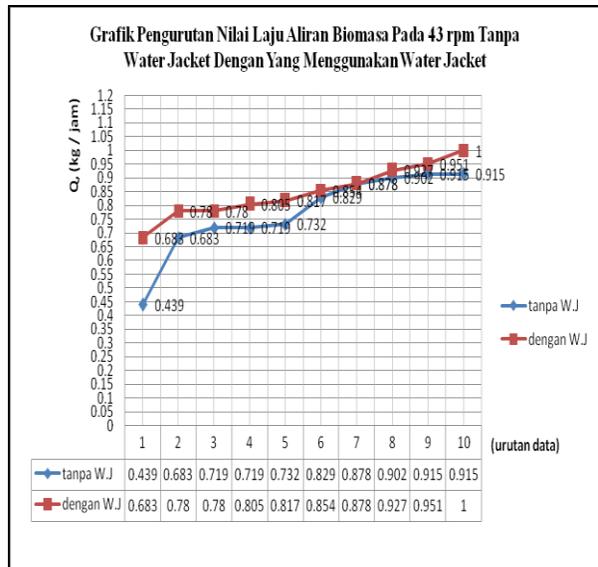
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

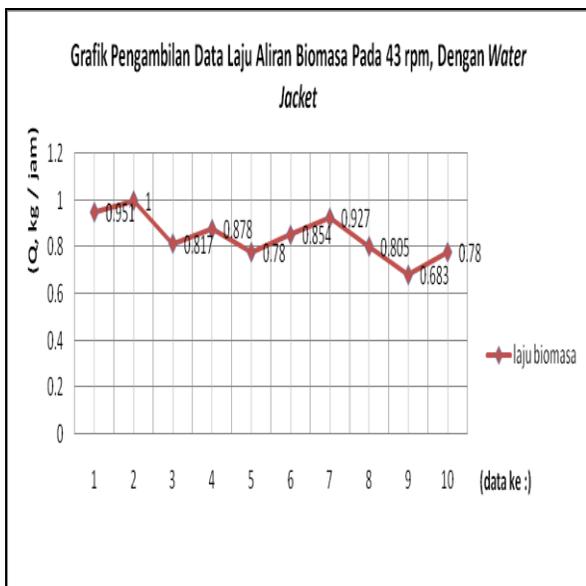
Data penelitian yang dicatat berupa waktu terjadinya pemampatan dan jumlah biomasa yang dimasukkan ke dalam tungku bakar dengan melakukan 10 kali pengulangan pengambilan data. Setelah pencatatan data dari alat *fuel feeder* yang hasilnya merupakan kapasitas material atau kapasitas bahan bakar yang dipindahkan oleh pemasuk bahan bakar, V (m^3 / jam), maka nilai laju berat aliran bahan bakar yang dipindahkan, Q (kg / jam) dapat ditentukan. Hasil dari variasi putaran pada 43 dan 46 rpm, kemudian dimasukkan ke dalam bentuk grafik.



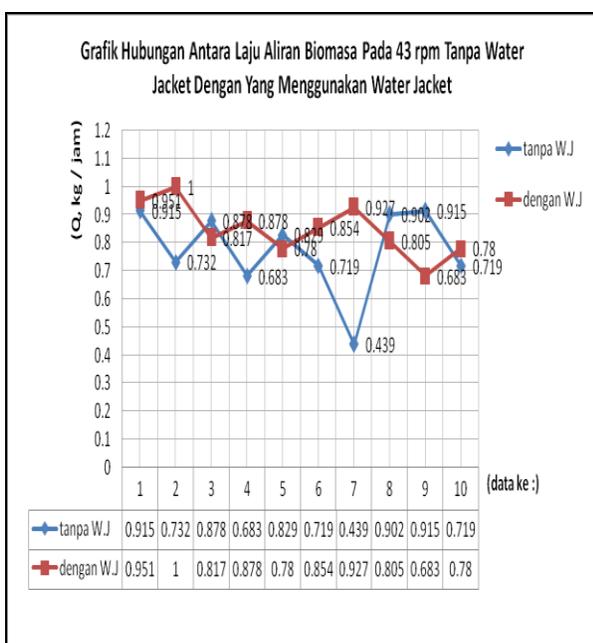
Gambar 4. Grafik hubungan antara pengulangan data dengan laju aliran biomasa pada 43 rpm, suhu 300⁰ c konstan, tanpa menggunakan water jacket



Gambar 7. Grafik hubungan pengurutan laju aliran biomasa pada 43 rpm, dengan water jacket dan tanpa water jacket



Gambar 5. Grafik hubungan antara pengulangan data dengan laju aliran biomasa pada 43 rpm, suhu 300⁰ c konstan, dengan menggunakan water jacket



Gambar 6. Grafik hubungan antara laju aliran biomasa pada 43 rpm, dengan water jacket dan tanpa water jacket

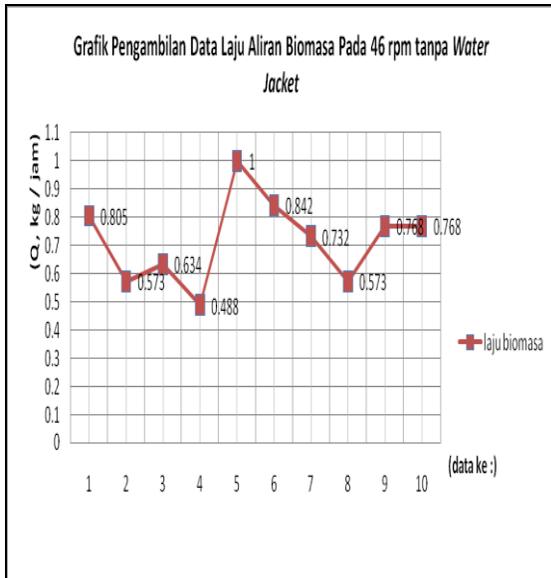
Analisa grafik pada saat pemasukan bahan bakar dengan kecepatan putaran feeder 43 rpm :

Gambar 3. Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu terjadinya pemampatan dengan kecepatan putaran feeder pada saat 43 rpm, dimana pada pipa saluran pemasukan bahan bakar dikondisikan tidak menggunakan water jacket, pada suhu konstan sebesar 300⁰ C, sehingga dapat dilihat terjadinya penurunan kemampuan kerja alat pada saat pengambilan data ke-7 yang disebabkan karena adanya sisa / serpihan biomasa terjadinya pemampatan dengan kecepatan putaran feeder pada saat 43 rpm, dengan suhu konstan sebesar 300⁰ C, dimana pada pipa saluran pemasukan bahan bakar dikondisikan menggunakan water jacket, dari grafik tersebut pada pipa saluran sehingga mengurangi laju pemasukan bahan bakar .

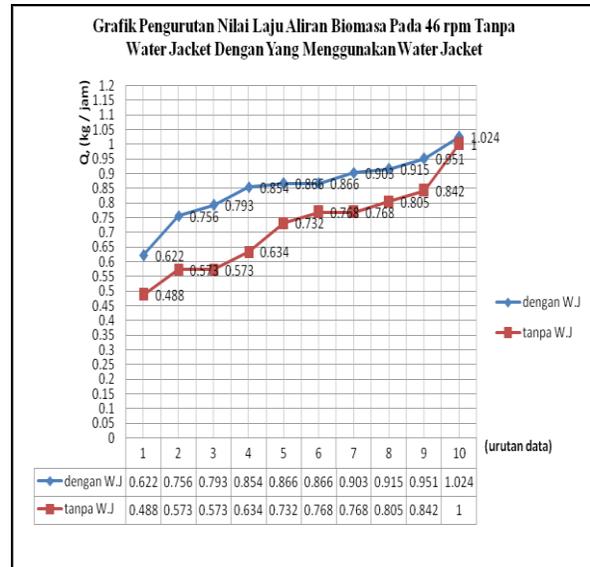
Gambar 4: Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu dapat dilihat terjadinya peningkat kapasitas bahan bakar yang disalurkan seiring waktu pemasukan bahan bakar tersebut.

Gambar 5: Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran feeder pada saat 43 rpm pada 10 kali percobaan, dimana pada kondisi pipa saluran yang menggunakan water jacket dengan yang tanpa water jacket. Dimana kemampuan kerja alat menunjukkan jika kecepatan putaran dan adanya pendinginan pipa saluran menjadi lebih baik daripada yang tidak menggunakan pendinginan pipa saluran.

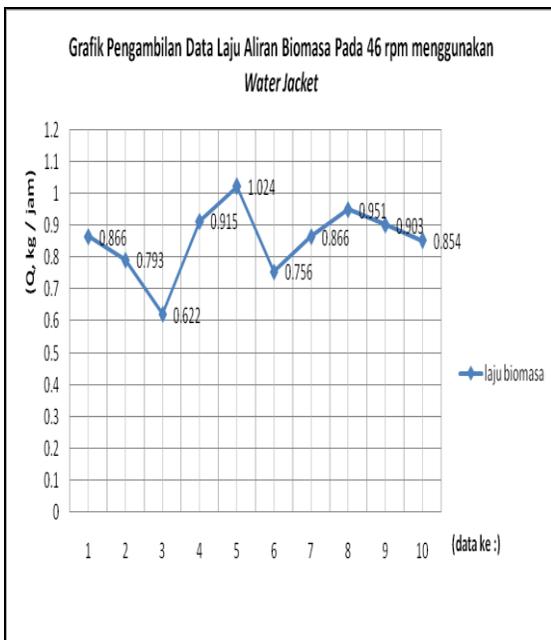
Gambar 6: Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran feeder, dimana pada kondisi pipa saluran yang menggunakan water jacket dengan yang tanpa water jacket yang disusun berdasarkan nilai terkecil hingga terbesar, dapat dilihat bahwa rata - rata kemampuan kerja alat menjadi baik jika pipa saluran menggunakan water jacket sebagai pendingin saluran, sehingga kemungkinan terjadinya pemampatan akibat panasnya dinding pada pipa saluran dapat dihindari. Namun terjadi sedikit penurunan grafik yang diakibatkan kotornya saluran oleh serpihan kecil biomasa yang menempel pada dinding pipa sehingga menyebabkan kurangnya performansi alat.



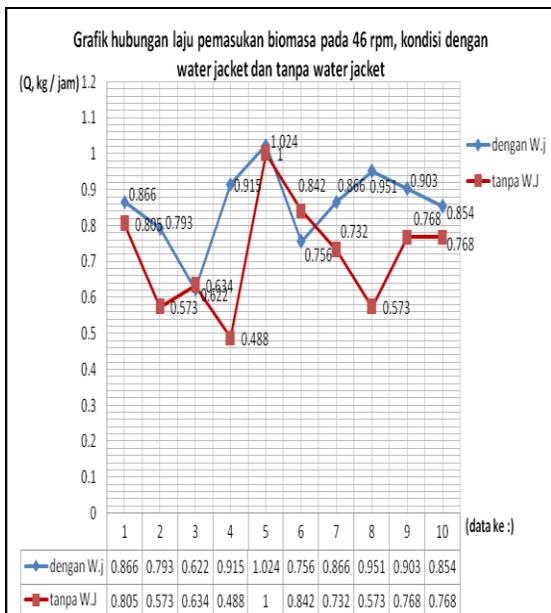
Gambar 8. Grafik hubungan antara pengulangan data dengan laju aliran biomasa pada 46 rpm, suhu 300⁰ c konstan, tanpa menggunakan water jacket



Gambar 11. Grafik hubungan pengurutan laju aliran biomasa pada 46 rpm, suhu 300⁰ c konstan, tanpa menggunakan water jacket dengan yang menggunakan water jacket



Gambar 9. Grafik hubungan antara pengulangan data dengan laju aliran biomasa pada 46 rpm, suhu 300⁰ c konstan, dengan menggunakan water jacket



Gambar 10. Grafik hubungan antara laju aliran biomasa pada 46 rpm, suhu 300⁰ c konstan, tanpa menggunakan water jacket dengan yang menggunakan water jacket.

Analisa grafik pada saat pemasukan bahan bakar dengan kecepatan putaran feeder 46 rpm :

Gambar 7. : Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran feeder pada saat 46 rpm dengan suhu konstan sebesar 300⁰ C, dimana pada pipa saluran pemasukan bahan bakar dikondisikan tidak menggunakan water jacket, terjadi pemampatan tercepat pada pipa saluran pada waktu pemasukan bahan bakar selama 2,18 menit pada data ke-5 akibat pengaruh hembusan asap panas yang mengandung bahan rekat berupa silicium, melapisi sekitar dinding pipa pemasukan dan kembali normal ketika dinding pada pipa saluran sudah dibersihkan.

Gambar 8.: Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran feeder pada saat 46 rpm, dimana pada pipa saluran pemasukan bahan bakar dikondisikan menggunakan water jacket, dari grafik tersebut dapat dilihat terjadinya peningkatan kapasitas bahan bakar yang disalurkan seiring waktu pemasukan bahan bakar tersebut.

Gambar 9.: Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran feeder pada saat 46 rpm, pada kondisi pipa saluran yang menggunakan water jacket dengan yang tanpa water jacket, dengan melakukan 10 kali pengujian dapat dilihat bahwa kemampuan kerja alat menjadi baik jika pipa saluran menggunakan water jacket sebagai pendingin saluran, sehingga kemungkinan terjadinya pemampatan akibat panasnya dinding pada pipa saluran dapat lebih dihindari.

Gambar 10.: Merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran feeder pada saat 46 rpm pada 10 kali percobaan, dimana pada kondisi pipa saluran yang menggunakan water jacket dengan yang tanpa water jacket yang disusun berdasarkan nilai terkecil hingga terbesar, dapat dilihat bahwa rata - rata kemampuan kerja alat menjadi baik jika pipa saluran menggunakan water jacket sebagai pendingin saluran, sehingga kemungkinan terjadinya pemampatan akibat panasnya dinding pada pipa saluran dapat lebih dihindari.

4.3. Analisa Perpindahan Panas

Dengan adanya keadaan suhu sebesar 300⁰ C yang mengalir konstan dari tungku pemanas menuju ke dalam pipa saluran pemasukan bahan bakar karena adanya perbedaan suhu dan tekanan awal, sehingga menyebabkan terjadinya pembakaran secara tidak

langsung terhadap biomasa yang memampatkannya pada saluran bahan bakar, dimana asap panas pembakaran pada tungku bakar juga mengandung *silicium* dan menempelkan serpihan biomasa pada dinding saluran bagian dalam yang kemudian menahan laju perpindahan aliran biomasa selanjutnya.

Berdasarkan penjelasan di atas maka pengaruh perpindahan panas dari tungku bakar terhadap saluran pemasukan biomasa sekaligus merupakan saluran yang menggunakan *water jacket* dianggap perlu untuk dianalisa, adapun analisa yang disebutkan adalah sebagai berikut :

Dari 6 kali pengujian yang dilaksanakan pada penelitian ini, didapat data kalibrasi suhu rata – rata pada saluran dalam keadaan tanpa biomasa yang di ukur dengan menggunakan *thermokopel*, yaitu :

Tabel 3. Suhu Rata - Rata Hasil Kalibrasi pada Water Jacket.

Pencatatan suhu kalibrasi ke:	Suhu Udara, T (°C)		Suhu Air, T (°C)	
	T ₀	T ₁	T _a	T _b
1	300	288,3	25	29,7
2	299	277	27	52,6
3	350	299,7	24	72,7
4	300	298	28	43,9
5	300	276,4	24	78
6	300	299,7	29	33,3
Rata - rata	308,17	289,85	26,17	51,7

Setelah data suhu diperoleh yang mengalir pada pipa saluran sebesar $v_m = 0,3 \text{ m / s}$, maka diperoleh [6]:

$$q = U_t \cdot A \cdot \Delta T_m \quad (W)$$

$$= 4,116 \left(\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right) \times 0,0833 \text{ (m}^2\text{)} \times 259,458 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$= 88,9 \text{ (W)}$$

Jadi nilai perpindahan panas yang mengalir pada pipa saluran pemasukan bahan bakar yang menggunakan *water jacket* sebagai pendingin salurannya adalah sebesar 88,9 W.

5. Kesimpulan

Dari perancangan dan pengujian *fuel feeder* yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

- *Fuel feeder* dapat divariasikan kecepatan putarannya pada 43 dan 46 rpm. Jarak antara ulir (*pitch*) adalah 20 mm dengan diameter poros penggerak (d_s) 24 mm. Hasil rancangan pemasuk bahan bakar ini sangat berpengaruh terhadap kapasitas biomasa yang dipindahkan.
- Performansi *fuel feeder* relatif meningkat seiring bertambahnya kecepatan *feeder* dengan kondisi pipa saluran menggunakan *water jacket*.

Daftar Pustaka

- [1]. Natarajan E., Nordin A., Rao A.N., 1998, *Overview of Combustion and Gasification of Rice Husk In Fluidized Bed Reactors*. Biomass and Bioenergy Vol. 14(5-6), hal. 533-546.
- [2]. Basu, P., Kefa Cen, Jestin L., 2001, *Boilers and Burners, Design and Theory*, Springer – Verlag New York Inc.
- [3]. Borman G.L and Ragland K.W., 1998, *Combustion Engineering*. McGraw-Hill.
- [4]. Spivakovsky, A. and Dyachkov, V. (1982), *Conveyors and Related Equipment*, Peace Publishers, Moscow.

- [5]. Sularso, (1997), *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Cetakan Kesembilan, Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6]. Holman, J. P. 1993, *Perpindahan Kalor*, edisi keenam, Erlangga, Jakarta