

Vol. 5 No. 1, Juni 2007

ISSN : 1693 – 3451

# TRAKSI

MAJALAH ILMIAH TEKNIK MESIN

---

---



**Traksi**

**Vol. 5**

**No. 1**

**Halaman**  
**1 - 40**

**Jurusan Teknik Mesin**  
**FT. UNIMUS 2007**

**ISSN : 1693-3451**

# TRAKSI

MAJALAH ILMIAH TEKNIK MESIN

---

---

## DEWAN REDAKSI

***Penanggung Jawab :***

Dekan Fakultas Teknik UNIMUS

***Ketua Dewan Redaksi :***

Julian Alfijar, ST

***Anggota Dewan Redaksi :***

Drs. Samsudi Raharjo, ST, MM

Drs. I reng Sigit Atmanto

Rubijanto, ST

RM. Bagus Irawan, ST

Fuad Abdillah, ST

Luthfi Nurcholis, ST, MM

***Redaksi Konsultan :***

I r. Dwi Basuki Wibowo, MS

***Sekretaris :***

Neilla Zulfatina, Amd

***Produksi dan Distribusi :***

Purnomo, ST

Joko Suwignyo, ST

Muhammad Subri, ST

***Penerbit :***

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kasipah No. 12 Telp. 024 8445 768

## PENGANTAR REDAKSI

Alhamdulillahirabbil Alamin kami panjatkan Puji dan Syukur kepada Allah SWT yang telah memberi Rahmat dan HidayahNya sehingga Majalah Ilmiah Teknik Mesin TRAKSI vol. 5 No. 1 ini dapat kami terbitkan tepat pada waktunya. Harapan kami semoga rekan-rekan Dosen FT. UNIMUS tidak bosan untuk mengisi Jurnal ini dan meluangkan sedikit waktu untuk menulis, karena semuanya demi kepentingan kita dan keberlanjutan dari majalah ini.

**Redaksi**

# TRAKSI

MAJALAH ILMIAH TEKNIK MESIN

---

---

## DAFTAR ISI

### PENGANTAR REDAKSI

### DAFTAR ISI

- **Perhitungan Faktor Konsentrasi Tegangan Pada Pipa Konstruksi Percabangan 60<sup>0</sup> Akibat Gaya Aksial Menggunakan Metode Elemen Hingga**  
Dwi Basuki Wibowo, Sigiyanto, Agus Suprihanto..... 1-7
- **Metode Sederhana Untuk Mencegah Terjadinya Pukulan Air Didalam Instalasi Plambing**  
Murni..... 8 - 11
- **Analisis Hasil Produk Alat Pertanian Menggunakan Tungku Pack Kaburising Dengan Tungku Konvensional**  
Samsudi Raharjo..... 12 - 20
- **Usaha Penghematan Bahan Bakar Dengan Sistem Pengapian CDI**  
Ireng Sigit A..... 21 - 25
- **Pemanfaatan Limbah Kayu Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Papan Partikel**  
Dini Cahyandari..... 26 – 34
- **Peluang Penghematan Energi Uap Menggunakan Metode Non – Investment Point**  
Rahmat, Bambang Setyoko, Seno Darmanto..... 35 - 40

# PELUANG PENGHEMATAN ENERGI UAP MENGUNAKAN METODE NON - INVESTMENT POINT

Rahmat <sup>1)</sup>, Bambang Setyoko <sup>2)</sup>, Seno Darmanto <sup>3)</sup>

## ABSTRACT

Energy efficiency of boiler system is the main parameter in depressing of operational cost. There are two methods to improving efficiency of boiler system. The one is Non-Investment Point method, where not need adding expense to improving energy process by installing of the new equipment in the system ,nevertheless it is signifikan mean . From perceiving experience-data sources, about 10 % - 20 % losses can be saved by non-investment point method.

**Key Word : Boiler, Efficiency, Non-Investment Methode**

## PENDAHULUAN

Berdasarkan azas termodinamika, besarnya efisiensi boiler yang beroperasi pada tekanan uap dan suhu pembakaran tertentu, hanya dipengaruhi oleh suhu gas buang. Namun demikian, boiler sebagai bagian dari sebuah sistem penyedia uap tekan, selalu memiliki efisiensi total yang lebih rendah dibanding efisiensi diatas.

Banyak variabel proses memberikan kontribusi terhadap menurunnya efisiensi, dimulai dari proses pembekaran, proses heat transfer, proses aliran fluida dan penyebab lain yang sulit atau bahkan tak mungkin dihilangkan.

Disadari bahwa penurunan efisiensi sebesar 1 % pada boiler yang berkapasitas ratusan mega-watt dan bekerja secara kontinyu, akan menyebabkan pemborosan biaya operasional yang sangat perlu untuk diselamatkan.

Melalui pengamatan data dilapangan, dimungkinkan hingga 20 % kerugian energi dapat diselamatkan melalui Non Investment Point Methods (NIPM), maka NIPM memegang peran yang penting bagi industri yang mengandalkan uap sebagai energy utama dalam proses. Terdapat setidaknya 10 poin penting perlu dilakukan pada saat pengoperasian sistem boiler. Oleh karena itu pendekatan yang utama bagi tercapainya NIPM adalah melalui penerapan manajemen operasi.

### ➤ **Rasio Udara – Bahan Bakar**

Perbandingan udara bahan bakar merupakan parameter terpenting yang berpengaruh terhadap efisiensi boiler. Prosentase perbandingan udara dinyatakan sebagai  $AF/AF_{\text{teoritik}} \times 100$ . Prosentase perbandingan udara pembakaran yang berlebih merupakan penyebab utama menurunnya efisiensi boiler dikarenakan terlalu banyaknya energi yang dikonveksi oleh boiler melalui gas bekas. Kelebihan udara teoritik hingga 200 % berpengaruh menurunnya efisiensi boiler antara 3 – 8 % tergantung pada suhu gas bekas. Penurunan efisiensi boiler oleh kenaikan suhu gas bekas pada prosentase udara teoritik tertentu ditimbulkan oleh kandungan energi sensibel pada gas bekas.

Penurunan efisiensi akan lebih terasa pada prosentase udara rendah dibanding prosentase udara berlebih. Pembakaran yang tidak sempurna membatasi energi bahan bakar yang tersedia merupakan kontribusi utama terhadap penurunan efisiensi yang besar. Penurunan ini tidak begitu banyak dipengaruhi oleh suhu gas bekas dikarenakan energi

---

<sup>1)</sup> Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

<sup>2)</sup> Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

<sup>3)</sup> Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

yang hilang pada pembakaran yang tidak sempurna akan lebih dominan dibanding energi sensible yang hilang pada gas bekas.

Anggap saja volume udara dijaga tetap yang besarnya dipilih agar memberikan prosentase  $O_2$  tertentu di dalam gas bekas kering pada kondisi atmosfer standar dan kelembaban 0 %. Begitu tekanan udara turun dibawah standard normal (14.7 psia), efisiensi boiler menurun cukup tajam tidak sebanding dengan penurunan efisiensi akibat kenaikan tekanan atmosfer. Penurunan tekanan udara suplai menyebabkan tidak sempurnanya proses pembakaran dikarenakan aliran masa udara berkurang oleh rapat masa udara yang rendah. Tekanan udara masuk yang tinggi menghasikan kelebihan udara dan hanya sedikit pengaruhnya terhadap penurunan efisiensi. Sementara itu apabila volume udara suplai di pertahankan tetap dan menghasikan angka kelebihan udara tertentu pada kondisi tekanan atmosfer standar, sebenarnya efisiensi akan bertambah seiring dengan menurunnya tekanan atmosfer hingga angka udara teoritik dicapai. Apabila penurunan tekanan udara berlanjut, akan berakibat udara pembakaran menjadi tidak cukup. Untuk pergeseran sedikit angka kelebihan udara pada kondisi atmosfer standar, efisiensi akan sedikit saja mengalami pergeseran oleh perubahan tekanan atmosfer. Dengan demikian dalam mengatur boiler untuk perbandingan udara bahan bakar yang tepat, laju aliran udara masuk dapat dikurangi hingga sedikit di atas nilai teoritik tanpa secara kontinyu perlu mengatur berkaitan dengan perubahan kondisi udara luar. Pada umumnya dalam praktek, pengaturan laju aliran udara pembakaran diatur pada 50 – 100 % kelebihan udara pembakaran sehingga tidak perlu kompensasi pengaturan akibat perubahan tekanan udara lingkungan.

Apabila tekanan dan laju aliran volume udara pada keadaan tetap, maka variasi laju aliran massa berbanding terbalik dengan suhu. Dengan berdasar 0 %  $O_2$  pada gas bekas sebagai acuan dan boiler memiliki efisiensi puncak pada suhu 70  $^{\circ}F$  digunakan sebagai kondisi disain. Penurunan efisiensi pada sisi yang lain di luar titik disain disebabkan oleh kelebihan oxygen atau pembakaran yang tidak sempurna.

### ➤ **Suhu Gas Bekas**

Penurunan kinerja boiler dapat terjadi apabila suhu gas bekas keluar boiler meningkat. Oleh karena itu diagnose melalui pengukuran terhadap kemungkinan kenaikan suhu gas buang merupakan hal penting. Pengukuran tersebut harus dicatat setiap hari bersamaan dengan pencatatan kondisi beban uap dan kondisi udara sekitar. Lokasi detektor terletak sedekat mungkin dengan titik akhir proses pertukaran kalor. Dengan kata lain, apabila boiler dilengkapi dengan feedwater economizer, maka sensor terletak pada sisi keluar economizer.

Dibandingkan dengan pengaruh rasio udara-bahan bakar terhadap pengendalian efisiensi boiler, suhu cerobong menduduki posisi kedua. Sesuai dengan azas termodinamika II, suhu gas buang harus serendah mungkin untuk mendapatkan efisiensi boiler yang optimal.. Secara mendasar, terdapat dua penyebab tingginya suhu cerobong, yaitu tidak cukupnya luasan permukaan dan terdapatnya endapan kerak pada permukaan heat-transfer.

Suhu gas bekas yang terbaik dijaga pada harga tertentu untuk meminimalkan terjadinya korosi asam sulfida yaitu antara 300  $^{\circ}F$  hingga 350  $^{\circ}F$ . Apabila kandungan bahan bakar mengandung asam sulfida lebih dari 2.0 %, maka suhu cerobong harus lebih tinggi dari suhu di atas. Dengan suhu cerobong kurang dari 250  $^{\circ}F$ , bahan cerobong akan terkena korosi secara cepat. Kebanyakan boiler bekerja pada suhu cerobong 600  $^{\circ}F$  atau lebih. Tentu saja tidaklah menguntungkan dilihat dari segi penghematan bahan bakar, namun hal ini dipilih karena upaya pencegahan korosi pada bahan cerobong. Treatment

terhadap feed-water sangat penting untuk menjaga permukaan heat transfer tetap bersih dan menurunkan suhu gas bekas. Apabila luas permukaan heat transfer tidak cukup dikarenakan oleh kekeliruan disain, maka dapat diatasi dengan pemasangan air-preheater atau economizer. Perilaku efisiensi terhadap suhu gas buang untuk bahan bakar gas alam dipengaruhi oleh angka kelebihan udara. Pada suhu gas bekas yang sama, efisiensi boiler lebih rendah untuk angka kelebihan udara yang tinggi.

### ➤ Tekanan Kerja Boiler

Boiler selalu bekerja pada tekanan yang lebih tinggi dari tekanan yang diperlukan. Dengan menurunkan tekanan boiler secara perlahan lahan sampai titik dimana jumlah uap yang dihasilkan tetap mampu memenuhi kebutuhan proses, mampu memperoleh peningkatan efisiensi meskipun besarnya peningkatan efisiensi tersebut sangat tergantung besarnya nilai penurunan tekanan uap yang terjadi.

Sepertinya tidak terlalu dapat diyakini bahwa penurunan tekanan kerja boiler akan menghasilkan penghematan bahan bakar. Dari pengalaman menunjukkan bahwa hanya terdapat penghematan sekitar ½ % bahan bakar setiap penurunan tekanan 35 psig. Tetapi hal ini dapat difahami bahwa dengan tekanan kerja yang rendah akan

- a. Menurunkan suhu gas bekas dikarenakan meningkatnya proses heat transfer.
- b. Menurunkan kerugian kalor dari boiler dan perpipaan.
- c. Menurunkan tingkat kebocoran uap karena tekanan lebih rendah.

Persoalannya adalah diperlukannya penggantian relief valve, pengaturan periode blowdown dan sirkulasi boiler harus di upset.

Dari sudut pandang siklus termodinamika, boiler yang bekerja pada tekanan yang tinggi memiliki efisiensi siklus yang tinggi. Akan tetapi hal ini tidak selalu menguntungkan apabila aktifitas sistem bukan kombinasi antara sistem kalor dan sistem tenaga. Sebenarnya apabila boiler mensuplai uap hanya untuk tujuan perpindahan kalor, tekanan uap yang rendah akan meningkatkan efisiensi sistem, karena tekanan kerja yang rendah memiliki dampak positif pada sistem instalasi uap.

Begitu tekanan uap diturunkan, suhu penguapan air di dalam boiler akan turun. Hal ini akan meningkatkan proses heat transfer ke air boiler dan akan meningkatkan efisiensi boiler. Peningkatan efisiensi tersebut direalisasikan melalui penurunan suhu gas bekas, meskipun tingkat penurunan suhu gas bekas masih harus juga mempertimbangkan aspek korosi pada cerobong.

Pembatasan penurunan tekanan perlu diperhitungkan untuk sistem instalasi uap yang mensuplai uap proses dengan kebutuhan massa yang tetap. Dengan diturunkannya tekanan uap, maka rapat massa uap akan turun, sehingga laju aliran perlu ditingkatkan. Sementara itu kerugian gesekan aliran akan meningkat seiring dengan meningkatnya kecepatan uap, sehingga ada kemungkinan suplai uap menjadi tidak cukup apabila laju aliran tidak ditingkatkan. Hal yang berkebalikan terjadi bahwa dengan diturunkannya tekanan, berarti suhu uap akan turun dan menjadikan kerugian heat transfer akan berkurang sepanjang sistem distribusi uap, meskipun kenyataan dapat merugikan proses heat transfer pada heat exchanger. Dengan kata lain bahwa estimasi dampak penurunan tekanan uap terhadap peningkatan efisiensi boiler perlu kajian lebih teliti.

### ➤ Suhu Bahan Bakar

Bahan bakar dengan nilai viskositas tertentu akan mengalami atomisasi dengan kualitas terbaik hanya pada tekanan yang tepat. Viskositas yang terlalu tinggi atau terlalu rendah akan cenderung mengalami atomisasi yang buruk dan berakibat menyebabkan

efisiensi pembakaran yang rendah. Pada umumnya bahan bakar perlu dipanaskan terlebih dahulu menggunakan preheater hingga viskositas berada pada rentang antara 100 hingga 300 SUS. Suhu kerja preheater tergantung pada grade atau karakter bahan bakar yang digunakan.

Terbentuknya atomisasi yang baik juga ditentukan oleh proses pencampuran bahan bakar dan udara. Apabila campuran udara-bahan bakar terlalu pekat atau terlalu encer, pencampuran yang terjadi pada nozzle tidak rata dan menyebabkan menurunnya efisiensi. Suhu preheater dapat dibaca dengan dial-thermometer, sedangkan viskositas dapat diukur dengan menggunakan portable viscometer. Sebagai contoh untuk mendapatkan viskositas antara 100 – 300 SUS memerlukan pemanasan bahan bakar antara 100 sampai 110 °C untuk grade no 6 dan 70 sampai 80 °C untuk grade no 4. Dengan menaikkan suhu bahan bakar untuk mendapatkan atomisasi yang sempurna, dapat diperoleh penghematan hingga 5 %.

#### ➤ **Atomisasi Bahan Bakar**

Atomisasi bahan bakar merupakan fungsi tekanan bahan bakar, kekentalan bahan bakar, udara primer dan disain nosel. Mengoperasikan berner pada tekanan yang lebih tinggi atau lebih rendah akan menurunkan efisiensi pembakaran. Dengan mengatur tekanan bahan bakar sesuai dengan instruksi operasi nosel dari pabrik, akan mampu meningkatkan efisiensi sekitar 1%.

#### ➤ **Pengendalian Boiler Tunggal**

Boiler bisa saja bekerja dengan kondisi ON untuk beberapa menit dan kemudian OFF untuk beberapa menit. Hal ini akan menyebabkan kehilangan energi yang cukup besar dikarenakan terbuangnya kalor dari boiler pada saat OFF. Atau boiler bisa saja dalam kondisi HUNT yaitu laju pengapian secara kontinyu diatur dan menghasilkan kelebihan udara yang cukup besar. Kehilangan energi pada keadaan ini bisa diatasi dengan cara mengatur kelajuan pembakaran pada daerah menengah.

#### ➤ **Proses Blowdown**

Air harus secara kontinyu ditambahkan ke dalam boiler untuk menggantikan uap yang diproduksi. Padatan yang terkandung didalam make-up water semakin menambah konsentrasi sebanding dengan jumlah uap yang diproduksi. Air di dalam boiler harus di blowdown untuk mencegah terjadinya penyumbatan pada boiler. Frekwensi blowdown tergantung dari jumlah padatan dan kebiasaan. Terdapat 2 type blowdown yaitu :

- Mud-blowdown, yaitu untuk membuang lumpur berat yang mengendap pada dasar boiler, dilakukan beberapa detik dengan interval waktu tertentu.
- Continuous blowdown atau kimming blowdown dimaksudkan untuk mengeluarkan padatan yang terkandung dalam air.

Kandungan bahan kimia atau kualitas feed-water diketahui melalui test laboratorium untuk menentukan water-treatment yang cocok, dan sekaligus untuk menaksir seberapa banyak blowdown secara riil diperlukan.

Proses blowdown dilakukan dalam keadaan boiler beroperasi, sehingga aliran blowdown mengandung energi yang praktis terbuang. Kelebihan blowdown disebabkan oleh proses water treatment yang buruk atau kondisi operasi yang buruk. Oleh karena itu pengendalian kualitas feedwater dengan cara menerapkan metode pengolahan yang cocok dan menerapkan prosedur operasi yang benar, merupakan bagian dari upaya mencegah kehilangan energi dan meningkatkan efisiensi sekitar 1%.

Pengendalian konduktivitas Boiler-water merupakan cara terbaik untuk mengendalikan laju blowdown, meskipun aliran air blowdown yang sesungguhnya tak dapat diketahui dari skema pengendalian tersebut. Untuk menentukan besarnya kerugian yang berkaitan dengan proses blowdown, laju aliran massa air blowdown harus diketahui. Laju aliran blowdown merupakan aliran yang tak dapat diukur dengan flowmeter secara langsung, dikarenakan tingkat kesulitan flowmeter. Akan tetapi estimasi yang akurat mengenai jumlah blow down dapat dilakukan dengan analisa kimia terhadap kandungan chlorida, silica, atau komponen kimia lainnya apabila sistem menerapkan type continuous-blowdown. Analisis itu dilakukan oleh team ahli yang ditempatkan pada seksi water-treatment.

Kehati hatian harus diberikan untuk melakukan evaluasi boiler yang hanya menggunakan intermitent-blowdown. Intermitent blowdown dapat sangat efektif dan diutamakan untuk penendalian dan manajemen kimia air pengisi pada kapasitas boiler kecil dengan tekanan kerja rendah. Blowdown dapat dilakukan sekali hingga tiga kali sehari dengan cara membuka kran blowdown untuk beberapa detik. Metoda ini menninggalakkan air blowdown di dalam boiler lebih banyak dibanding continuous blowdown. Oleh karena itu untuk boiler kapasitas besar, lebih efektif menggunakan metode continuous blowdown.

Air blowdown biasanya sekitar 10 % dari laju alir air pengisi boiler, meskipun ada kemungkinan kurang dari 5 % apabila kualitas pengolahan air dilakukan secara baik. Beberapa variabel mempengaruhi jumlah blowdown, diantaranya tekanan uap, kemurnian air, dan pelaksanaan program pengolahan.

#### ➤ **Pembebanan Multi Boiler**

Efisiensi boiler bervariasi antara satu dengan lainnya bergantung dari disain, pembebanan, usia boiler, dan faktor lain. Puncak efisiensi kerja terjadi pada pembebanan di bawah 100% dikarenakan adanya interaksi antara suhu cerobong, aliran udara lebih, dan kerugian radiasi permukaan. Oleh karena itu perlu secara selektif memilih menggunakan boiler yang berefisiensi tinggi diantara seluruh boiler yang ada. Pada saat terjadi beban rendah, harus dihindarkan dari kondisi semua boiler dijalankan, tetapi perlu disusun skedul berdasarkan data efisiensi boiler dan kondisi beban. Pemilihan boiler dapat dilakukan dengan mengacu pada karakter kinerja sebagai fungsi beban, menganalisa puncak konsumsi uap yang diperlukan, mengkoordinasikan operasi antara boiler dan pabrik, dan mengendalikan setiap boiler beroperasi pada efisiensi puncak.

#### ➤ **Kebocoran Sistem Pipa**

Kebocoran kecil pada dinding pipa yang cacat atau sebab sebab korosi akan menyebabkan kerugian uap yang besar. Pemeriksaan terhadap kemungkinan kebocoran sepanjang pipa perlu dilakukan secara rutin khususnya pipa yang sudah cukup usia. Penanganan kebocoran dapat dilakukan dengan cara menyumbat pada lubang kebocoran menggunakan las, soldir atau soldir bergantung jenis bagan pipa dan tinggi tekan uap yang ada.

#### ➤ **Kebocoran Steam -Trap**

Terdapat 3 type steam trap konvensional yaitu type mekanik, termostatik dan termodinamik. Masing masing type beroperasi dengan prinsip yang berbeda yaitu berdasarkan perbedaan rapat massa antara uap dan kondensat, perbedaan suhu, dan perbedaan energi. Pengetesan steam trap harus merupakan salah satu bagian dari program

perawatan reguler. Pengetesan ini dapat dilakukan menggunakan salah satu dari metode berikut :

- a. Visual : Perlu diingat bahwa uap yang lepas sangat mungkin tidak kelihatan pada sumbernya apabila bocor pada kecepatan tinggi, hal ini harus dibedakan dengan uap pancaran yang kelihatan pada sumbernya.
- b. Perbedaan Suhu : Sepanjang beda suhu melintasi trap diketahui, pita sensitip terhadap suhu dapat digunakan untuk mendeteksi perbedaan suhu antara uap pada sisi hulu dan kondensat pada sisi hilir.
- c. Metode Suara : Dengar dengan Sonic detector atau stethoscope untuk mendeteksi kebocoran trap. Pengguna metode ini harus familier dengan jenis suara yang ditimbulkan oleh tiga jenis steam trap konvensional.

Perlu dilakukan pengecekan terhadap steam trap secara rutin terhadap kemungkinan kebocoran dan segera dilakukan perbaikan jika steam trap mengalami kesalahan fungsi atau kerusakan. Apabila hal ini dilakukan maka memiliki potensi penghematan antara 5 – 10 %.

## **KESIMPULAN**

Non Investment point peningkatan efisiensi boiler memberikan acuan usaha penghematan energi pada sistem uap yang secara langsung menurunkan operational cost tanpa penambahan biaya investasi. Metode ini cukup sederhana namun memerlukan komitmen pelaksanaan melalui penerapan manajemen operasi dan perawatan yang teliti. Estimasi mengenai besar penghematan energi atau biaya pada setiap point agak sulit ditentukan, karena hanya melibatkan pendekatan yang lebih bersifat empirik. Namun demikian beberapa pustaka telah banyak menampilkan metode pendekatan menggunakan kaidah termodinamika, meskipun pada kenyataan dilapangan masih perlu ada pertimbangan yang terkait dengan variabel lingkungan, aplikasi proses, besar kapasitas dan disain instalasi. Lagi pula signifikansi penghematan biaya operasi masih juga dipengaruhi oleh pengambil kebijakan pengelola industri itu sendiri.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Albert Thuman P.E., CEM., Guide to Improving Efficiency of Combustion Systems, The Fairmont Press.Inc.,1988
2. Greg Harrel, PhD.,P.E.,Steam System Survey Guide, Oak Ridge National Laboratory, US. Department of Energy, 2002
3. Industrial Technology Program,Best Practice Steam Technical Brief - US Department of Energy, DOE/GO 102005., 2005
4. Ronald A. Zeitz, , Energy Efficiency Handbook, Council of Industrial Boiler Owner,Burke, 1997
5. Thomas Garcia Borrás, Manual for Improving Boiler and Furnace Performance, Gulf Publishing Company, Houston, 1983

# PEMANFAATAN LIMBAH KAYU SEBAGAI BAHAN DASAR PEMBUATAN PAPAN PARTIKEL

Dini Cahyandari \*)

## Abstrak

Perusahaan penggergajian banyak menghasilkan limbah yang berupa serbuk kayu. Selama ini belum ada kegiatan yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah tersebut. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limbah tersebut adalah dengan mengolahnya menjadi papan partikel. Papan partikel adalah komposit kayu dan adhesive yang dapat berupa bahan anorganik seperti *phenol formaldehyde* dan bahan organik seperti *polyisocyanates*. Dari hasil penelitian didapatkan hasil bahwa penggunaan serbuk kayu keras dan adhesive dari bahan *phenol formaldehyde* mempunyai sifat mekanik yang paling baik yaitu mempunyai kekuatan tarik  $0.46 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tekuk :  $17.26 \text{ N/mm}^2$  dibandingkan penggunaan bahan lainnya.

**Kata Kunci : Limbah, Papan Partikel**

## PENDAHULUAN

Di daerah pegunungan, dimana masih banyak ditemukan tanaman kayu, banyak ditemukan industri penggergajian. Dari industri penggergajian ini banyak dihasilkan limbah kayu yang berupa serbuk kayu (grajen) dan potongan kayu (tatal). Dari hasil pengamatan dilapangan limbah penggergajian yang dihasilkan hanya dibuang atau dibakar. Dari kenyataan yang ada ini timbul pemikiran kami untuk memanfaatkan limbah kayu tersebut menjadi bahan dasar untuk pembuatan papan partikel (particle board). Dengan diprosesnya limbah kayu menjadi partikel diharapkan limbah kayu yang selama ini dihasilkan oleh industri penggergajian dapat dimanfaatkan.

Adapun papan partikel sendiri sekarang cenderung menjadi tren bagi pengguna material untuk furniture. Karena sifat papan partikel yang ringan serta sederhana sehingga sesuai untuk gaya arsitektur yang mengutamakan kesederhanaan.

Sebagai salah satu cara yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan limbah kayu, pembuatan papan partikel melibatkan beberapa variabel proses. Variabel proses tersebut adalah :

- jenis serbuk kayu, ada dua jenis serbuk kayu yaitu kayu keras dan kayu lunak.
- jenis adhesive, thermosetting resin seperti phenol formaldehyde dan organik resin seperti polyisocyanates.
- komposisi serbuk kayu (fillers) dan adhesive (matriks)
- porses pembuatan, dapat berupa proses basah, porses kering, proses pengepresan plat dan proses ekstrusi.

Dari beberapa proses yang berpengaruh terhadap proses pembuatan papan partikel, kami menitik beratkan pada pengaruh jenis kayu, komposisi serbuk dan jenis adhesive, sehingga rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- bagaimana pengaruh parameter proses produksi papan partikel yaitu jenis kayu, komposisi serbuk dan jenis adhesive berpengaruh terhadap hasil proses produksi papan partikel
- berapa harga parameter optimal untuk menghasilkan papan partikel dengan kualitas baik

---

\*) Staf Pengajar Jurusan Mesin UNIMUS

## METODE PENELITIAN

Parameter proses produksi papan partikel yang akan diteliti adalah jenis serbuk kayu, komposisi serbuk kayu dan komposisi adhesive terhadap karakteristik papan partikel yang dihasilkan.

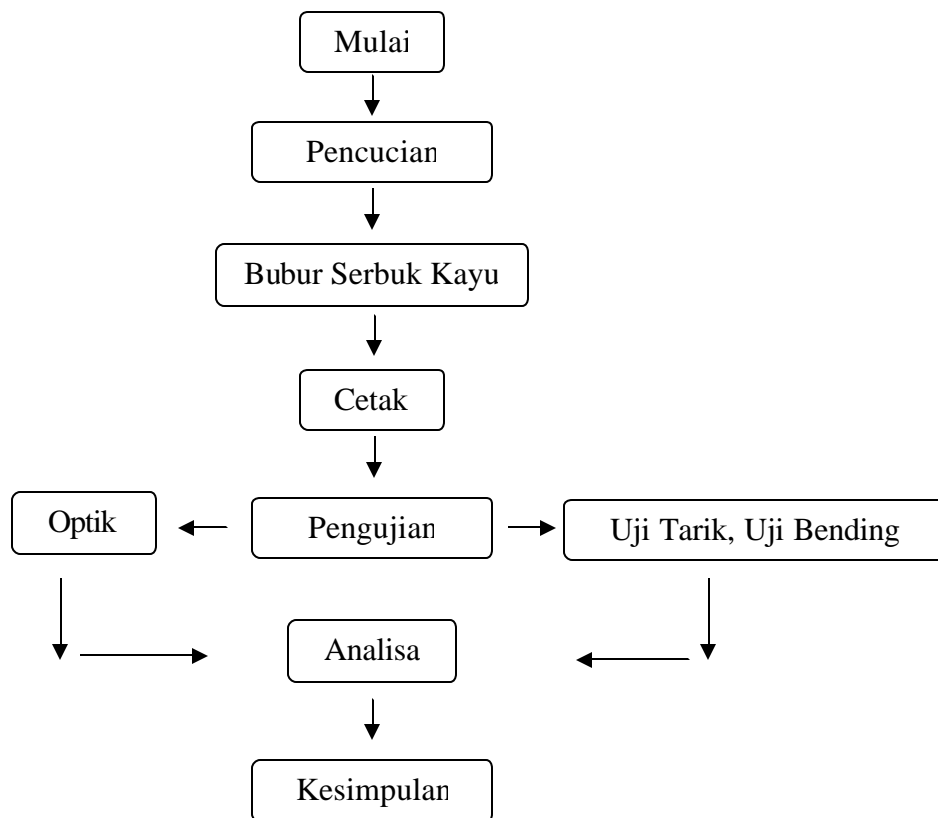
Penelitian tentang pembuatan papan partikel akan diinvestigasi baik secara eksperimen maupun pemodelan (regresi). Rangkaian penelitian akan dilaksanakan secara bertahap meliputi:

### Perancangan alat pengepres papan partikel

Untuk menanggulangi masalah perusahaan penggergajian berupa produk samping limbah kayu maka ditawarkan untuk memanfaatkan produk limbah kayu menjadi papan partikel.

### Diagram alir penelitian

Adapun alur proses produksi yang ditawarkan adalah :



Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi papan Partikel

Proses produksi yang dilakukan pada pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan dasar papan partikel adalah sebagai berikut :

Serbuk kayu dibersihkan dari kotoran yang mungkin ada seperti tanah, kerikil. Paku dan lain – lainnya. Kemudian dikeringkan untuk mengurangi kadar air serbuk kayu. Setelah bersih kemudian kita buat bubur kayu dan adhesive sebagai matriks. Kemudian dari bubur kayu-adhesive yang sudah jadi di cetak dan dipress sesuai ukuran yang direncanakan. Dengan proses pencetakan kurang lebih 6 menit maka jadilah papan partikel yang masih dalam keadaan kasar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

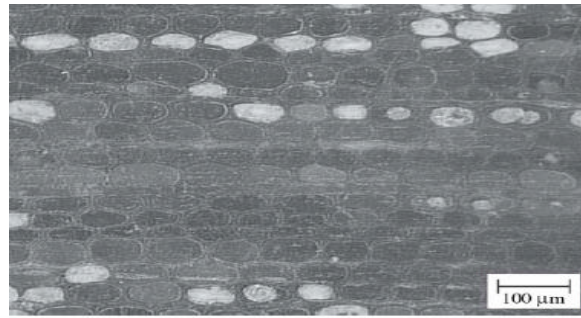
Tabel 1. Identitas Spesimen

Jenis Kayu	Jenis adhesive	Komposisi serbuk	Jenis kayu	Jenis adhesive	Komposisi serbuk
keras	FF	30	lunak	FF	30
keras	FF	40	Lunak	FF	40
keras	FF	50	Lunak	FF	50
keras	FF	60	Lunak	FF	60
keras	FF	70	lunak	FF	70
keras	FF	80	lunak	FF	80
keras	RO	30	lunak	RO	30
keras	RO	40	Lunak	RO	40
keras	RO	50	Lunak	RO	50
keras	RO	60	Lunak	RO	60
keras	RO	70	lunak	RO	70
keras	RO	80	lunak	RO	80

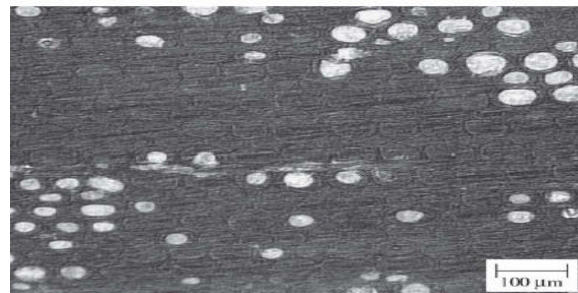
Tabel 2. Pengujian Mekanik

UJI TARIK (N/mm <sup>2</sup> )	UJI BENDING (N/mm <sup>2</sup> )	UJI TARIK (N/mm <sup>2</sup> )	UJI BENDING (N/mm <sup>2</sup> )
0,48	18,39	0,37	13,68
0,475	17,58	0,37	13,42
0,47	18,34	0,35	12,69
0,47	17,85	0,33	10,46
0,46	17,26	0,32	8,75
0,3	12,42	0,15	4,68
0,35	16,74	0,27	10,57
0,37	16,83	0,26	9,68
0,34	15,26	0,21	10,34
0,25	14,94	0,16	7,69
0,15	15,37	0,1	3,57
0,1	10,73	0,03	1,42

## HASIL PENGUJIAN OPTIK

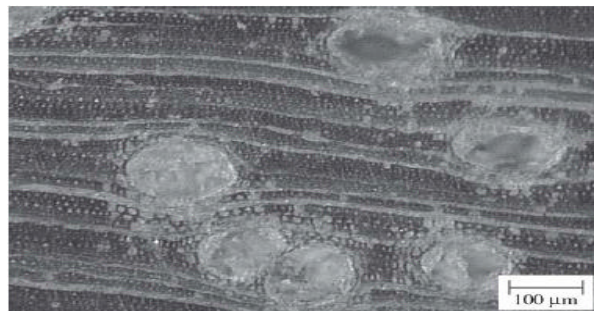


(a)

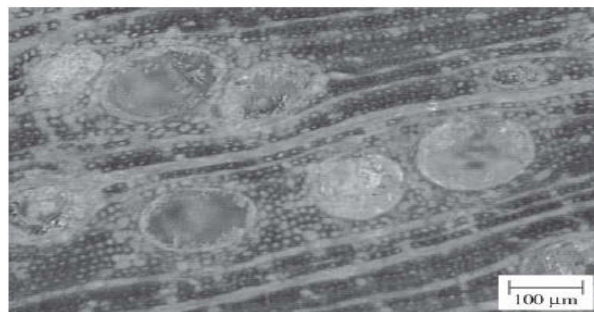


(b)

Gambar 2 Struktur mikro papan partikel dengan bahan dasar kayu lunak a). Dengan adhesive phenol formaldehyde; b) dengan adhesive resin organik



(a)



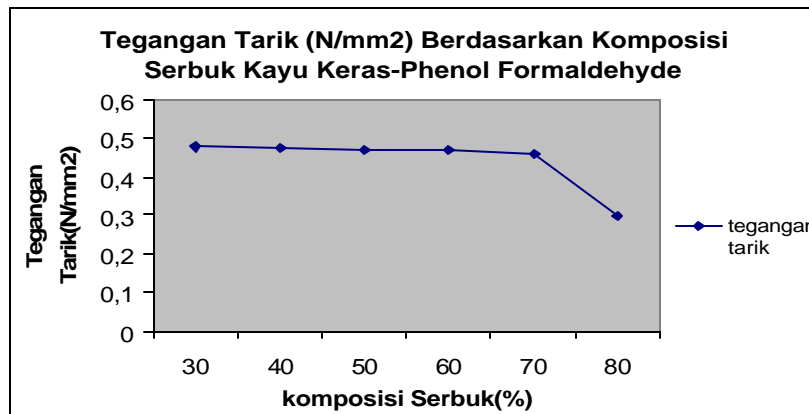
(b)

Gambar 3 Struktur mikro papan partikel dengan bahan dasar kayu keras a). Dengan adhesive phenol formaldehyde; b) dengan adhesive resin organik

## PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dengan spesimen yang dibedakan berdasarkan jenis serbuk kayu yang digunakan juga jenis adhesive yang digunakan serta komposisi serbuknya maka akan didapat grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tarik serta kekuatan tekuk. Berikut ini grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tariknya.

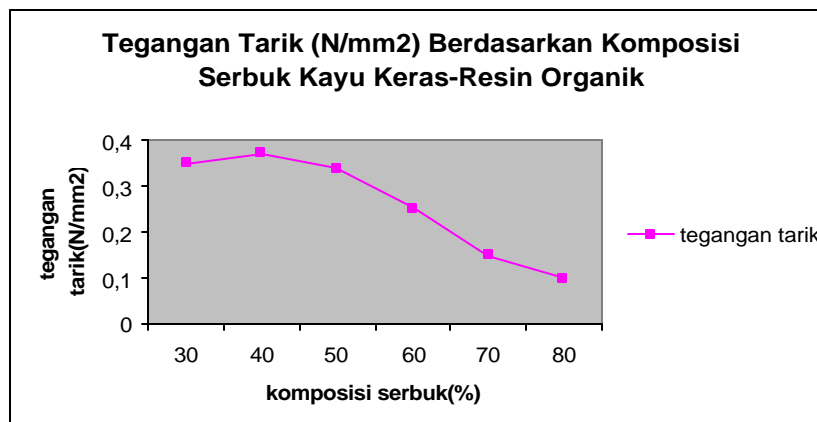
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tarik dengan bahan serbuk kayu keras dan phenol formaldehyde



Gambar 4. Grafik Tegangan tarik berdasarkan komposisi serbuk kayu keras-phenol formadehyde

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kekuatan tarik material relatif sama sampai pada komposisi 80% serbuk kekuatan tarik materialnya menrun drastis. Hal ini dapat dipahami karena koposisi matriks yang berupa phenol formaldehyde rendah yang berakibat rendahnya ikatan antara filler (serbuk kayu) dengan matriksnya.

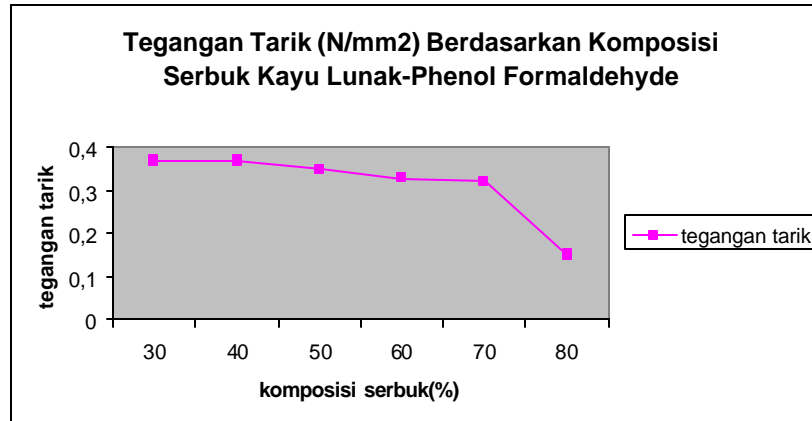
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tarik dengan bahan serbuk kayu keras dan resin organik



Gambar 5 Grafik Tegangan tarik berdasarkan komposisi serbuk kayu keras-resin organik

Berbeda dengan grafik antara komposisi serbuk kayu keras dengan phenol formaldehyde maka grafik antara komposisi serbuk kayu keras dan resin organic adalah kekuatan tarik yang dihasilkan cenderung lebih rendah dan prosentase resin yang dibutuhkan pun cenderung lebih besar. Hal ini dikarenakan ikatan antara matriks dan fillernya lebih rendah dibandingkan ikatan antara serbuk kayu dan pkenol formaldehyde.

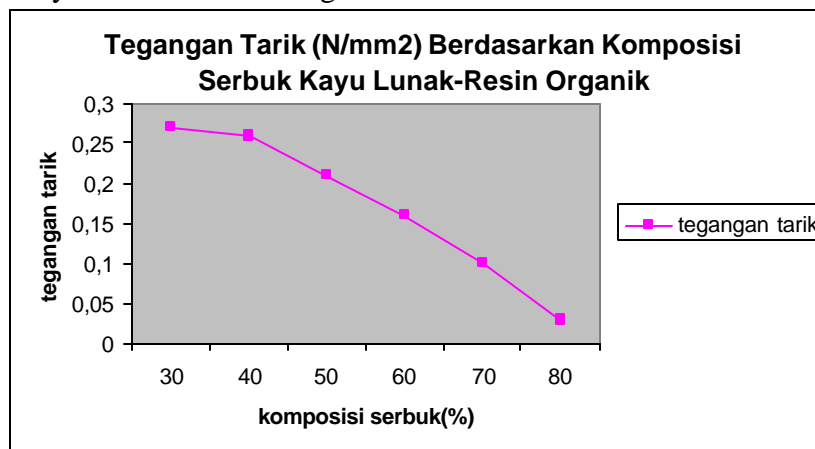
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tarik dengan bahan serbuk kayu lunak dan phenol formaldehyde



Gambar 6 Grafik Tegangan tarik berdasarkan komposisi serbuk kayu lunak-phenol formadehyde

Dari grafik yang dihasilkan antara komposisi kayu lunak dan adhesivenya yang berupa phenol formaldehyde ternyata kekuatan tarik yang dihasilkan jauh lebih rendah dibandingkan dengan papan partikel yang berbahan dasar kayu keras. Hal ini disebabkan karena kayu lunak mempunyai kekuatan mekanik yang rendah dibandingkan dengan kayu keras.

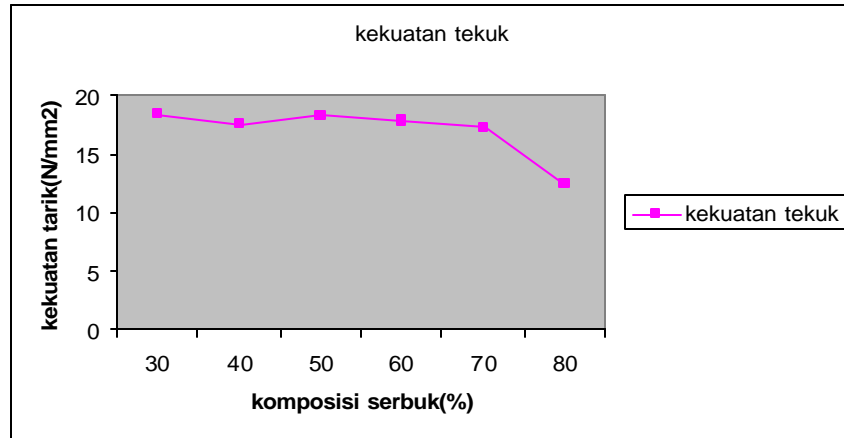
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tarik dengan bahan serbuk kayu lunak dan resin organik



Gambar 7 Grafik Tegangan tarik berdasarkan komposisi serbuk kayu lunak-resin organik

Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa kekuatan tarik papan partikel serbuk kayu lunak dengan adhesive resin organic sangatlah rendah. Hal ini disebabkan kekuatan mekanik penyusunnya yang memang rendah sehingga kekuatan tarik kompositnya juga rendah.

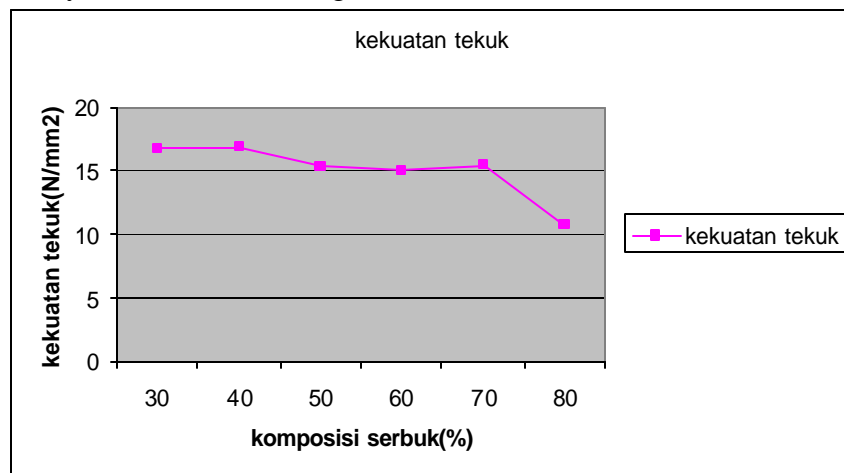
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tekuk dengan bahan serbuk kayu keras dan phenol formaldehyde



Gambar 8 Grafik Tegangan tekuk berdasarkan komposisi serbuk kayu keras-phenol formadehyde

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kekuatan tekuk material relatif sama sampai pada komposisi 70%, kemudian pada komposisi 80% serbuk kekuatan tekuk materialnya menurun drastis. Hal ini dapat dipahami karena koposisi matriks yang berupa phenol formaldehyde rendah yang berakibat rendahnya ikatan antara filler (serbuk kayu) dengan matriksnya.

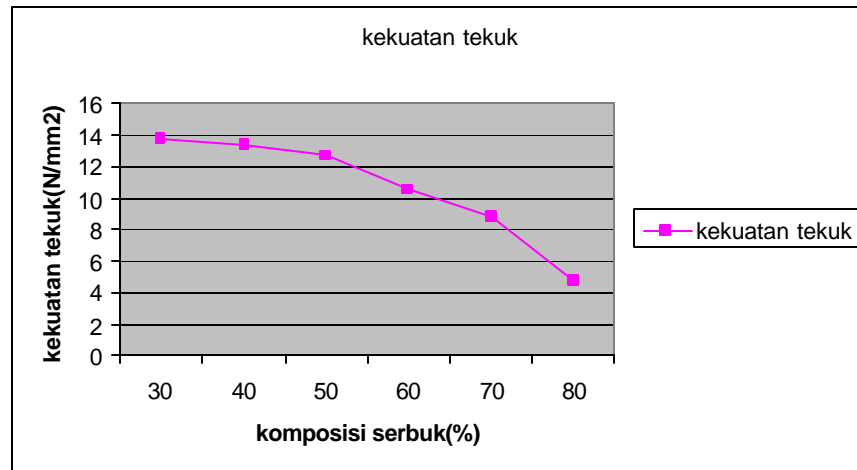
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tekuk dengan bahan serbuk kayu keras dan resin organik



Gambar 9 Grafik Tegangan tekuk berdasarkan komposisi serbuk kayu keras-resin organik

Dibandingkan grafik antara komposisi serbuk kayu keras dan phenol formaldehyde dengan grafik antara komposisi serbuk kayu keras dan resin organic adalah kekuatan tekuk yang dihasilkan cenderung lebih rendah dan prosentase resin yang dibutuhkan pun cenderung lebih besar. Hal ini dikarenakan ikatan antara matriks dan fillernya lebih rendah dibandingkan ikatan antara serbuk kayu dan phenol formaldehyde.

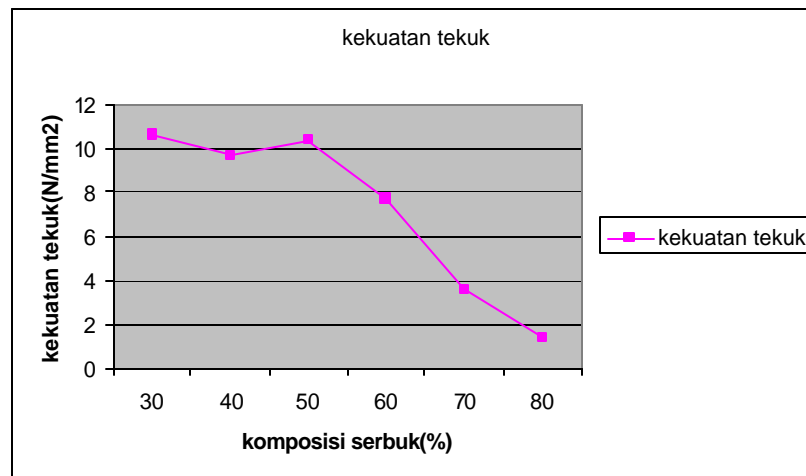
- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tekuk dengan bahan serbuk kayu lunak dan phenol formaldehyde



Gambar 10 Grafik Tegangan tekuk berdasarkan komposisi serbuk kayu lunak-phenol formadehyde

Kekuatan tekuk dari grafik diatas cenderung turun seiring dengan meningkatnya komposisi serbuk bahkan dari mulai komposisi serbuk 50% kekuatan tekuknya turun drastis.hal ini dikareankan kekuatan mekanik kayu lunak memang lebih rendah dibandingkan kekuatan mekanik kayu keras.

- grafik hubungan antara komposisi serbuk dengan kekuatan tekuk dengan bahan serbuk kayu lunak dan resin organik



Gambar 11 Grafik Tegangan tekuk berdasarkan komposisi serbuk kayu lunak-resin organik

Grafik diatas dapat diketahui bahwa kekuatan tarik papan partikel serbuk kayu lunak dengan adhesive resin organic sangatlah rendah. Hal ini disebabkan kekuatan mekanik penyusunnya yang memang rendah sehingga kekuatan tarik kompositnya juga rendah.

### **Pembahasan struktur mikro**

Dari struktur mikro yang didapat terlihat bahwa ikatan yang terbentuk oleh matriks phenol formaldehyde lebih kuat dibandingkan ikatan yang dibentuk oleh matriks resin organik. Denikian juga jenis butir yang ada berbeda antara jenis kayu keras dan kayu lunak sehingga mempengaruhi sifat mekanik dari komposit yang terbentuk.

### **KESIMPULAN**

Dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat dihasilkan adalah :

1. komposisi serbuk optimal dengan bahan dasar serbuk kayu keras-phenol formakdehyde adalah 70% serbuk kayu keras dengan kekuatan tarik :  $0.46 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tekuk :  $17.26 \text{ N/mm}^2$
2. komposisi serbuk optimal dengan bahan dasar serbuk kayu keras-resin organik adalah 40% serbuk kayu keras dengan kekuatan tarik :  $0.37 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tekuk :  $16,83 \text{ N/mm}^2$
3. komposisi serbuk optimal dengan bahan dasar serbuk kayu lunak-phenol formakdehyde adalah 70% serbuk kayu keras dengan kekuatan tarik :  $0.32 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tekuk :  $8,75 \text{ N/mm}^2$
4. komposisi serbuk optimal dengan bahan dasar serbuk kayu keras-resin organik adalah 40% serbuk kayu keras dengan kekuatan tarik :  $0.26 \text{ N/mm}^2$  dan kekuatan tekuk :  $9.68 \text{ N/mm}^2$

### **DAFTAR PUSTAKA**

1. A C Varshney, "Rural Waste Manajement", Assiciatiated Publishing Co, New Delhi, 1987
2. A Nigam dan V Kumar., "Preparating of Particle Board From Soybeans Stalk and Investigation of its Properties", BE (Mechanical Engineering) Thesis, Government Engineering Colage, Jabalpur, 1995
3. BK Agrawal, "Introduction to Engineering Materials", Tata McGraw Hill Publishing Co Ltd, New Delhi, 1988
4. MN Kolase., "Particle Boards from Agricultural Waste", Science Reporter, Vol 23, no 5, 1986
5. SK Singh dan N Ahmed., "Manufacturing of Particle Board from Paddy Husk", B Tech (Agricultural Engineering) Thesis, College of Agricultural Engineering, JNKVV, Jabalpur, 1992

**PERHITUNGAN FAKTOR KONSENTRASI TEGANGAN PADA PIPA  
KONSTRUKSI PERCABANGAN 60° AKIBAT GAYA AKSIAL  
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

**Dwi Basuki Wibowo <sup>4)</sup>, Sugiyanto <sup>5)</sup>, Agus Suprihanto <sup>6)</sup>,**

**Abstraks**

Dewasa ini pipa banyak digunakan untuk elemen struktur misalnya untuk rangka bangunan, konstruksi reklame, tiang listrik dan telepon dll. Seperti halnya dalam sistem perpipaan, penggunaan pipa untuk struktur tidak dapat menghindari adanya percabangan. Hal ini akan menyebabkan konsentrasi tegangan disekitar percabangan tersebut ketika struktur tersebut dikenai pembebanan. Dalam tahapan disain, untuk memperkirakan besarnya tegangan maksimum yang terjadi lazimnya diperlukan faktor konsentrasi tegangan (Kt). Besarnya Kt ini dipengaruhi oleh dimensi dan geometri elemen serta modus pembebanannya.

Penelitian ini ditujukan untuk mencari besarnya Kt untuk percabangan pipa 90° yang dikenai beban aksial untuk berbagai rasio perbandingan diameter pipa utama dan cabang dengan metode elemen hingga. Tahapan penelitian berturut-turut adalah *geometric modelling*, *finite element modelling*, eksekusi model, analisis distribusi tegangan dan perhitungan Kt. Representasi hasilnya adalah berupa grafik Kt versus d/D dimana d adalah diameter cabang dan D adalah diameter utama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa harga besarnya harga Kt sangat tergantung dari disain pipa konstruksi yang dibuat.

---

<sup>4)</sup> Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP

<sup>5)</sup> Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP

<sup>6)</sup> Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP

**Kata Kunci : Percabangan Pipa, Faktor Konsentrasi Tegangan, Metode Elemen**

**Hingga.**

## **PENDAHULUAN**

Pipa pada awalnya digunakan untuk mengalirkan suatu fluida baik cair, gas atau campuran. Sistem pemipaan sangat penting bagi industri modern seperti industri minyak dan gas, pupuk, tambang, pengolahan air dll. Karena memiliki peran yang penting, penelitian mengenai sistem pemipaan telah banyak dikembangkan. Dalam hal disain kode-kode disain sistem pemipaan telah banyak ditawarkan contohnya seperti yang dikeluarkan oleh ASME [ref. 1].

Dewasa ini pipa banyak digunakan pula untuk struktur konstruksi bangunan misalnya untuk konstruksi reklame, tiang listrik dan lampu, tiang telepon, konstruksi gedung dll. Dipandang dari sudut tampak bangunan, penggunaan pipa memiliki nilai artistik tersendiri dibandingkan dengan penggunaan profil baja lainnya seperti profil I, C, U dll. Seperti halnya pipa yang digunakan untuk mengalirkan fluida, penggunaan pipa untuk konstruksi bangunan seringkali tidak dapat menghindari percabangan. Adanya percabangan tersebut, maka akan menimbulkan diskontinuitas geometri yang akan mengakibatkan pemusatan tegangan disekitar percabangan tersebut [ref. 3, 4, 6]. Untuk keperluan disain lazimnya dibutuhkan data faktor konsentrasi tegangan (Kt) untuk memperkirakan besarnya intensitas tegangan yang terjadi. Hal ini dimaksudkan untuk memperkirakan apakah disain yang akan dibuat aman atau tidak.

Harga Kt untuk berbagai bentuk percabangan pipa yang digunakan untuk sistem pemipaan telah banyak dipublikasikan [ref. 1, 3, 4, 6]. Harga Kt tersebut dipengaruhi oleh beberapa aspek yaitu bentuk, dimensi dan jenis beban yang bekerja [ref. 7, 10, 11, 12]. Seperti telah diketahui bahwa karakteristik beban pada pipa yang digunakan untuk sistem pemipaan berupa tekanan fluida sedangkan pipa yang digunakan untuk konstruksi bangunan lebih banyak berupa beban aksial dan momen. Oleh karena karakteristik bebannya berbeda, maka harga Kt yang diperoleh dari pipa dengan beban tekanan tidak dapat dipakai untuk mengestimasi besarnya intensitas tegangan yang terjadi pada suatu percabangan pipa yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Sayangnya informasi harga Kt untuk berbagai percabangan pipa yang digunakan untuk konstruksi bangunan belum banyak diteliti dan dipublikasikan.

Permasalahan yang hendak dipecahkan dengan penelitian ini adalah masih sedikitnya informasi/data mengenai besarnya faktor konsentrasi tegangan (Kt) untuk berbagai bentuk percabangan pipa yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Dengan demikian tujuan utama usul penelitian ini adalah mendapatkan data besarnya faktor konsentrasi tegangan (Kt) berbagai konfigurasi percabangan pipa yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Informasi ini sangat berguna dalam bidang perancangan sehingga akan memudahkan perancang untuk menghasilkan rancangan yang aman apabila menggunakan pipa sebagai elemen suatu struktur.

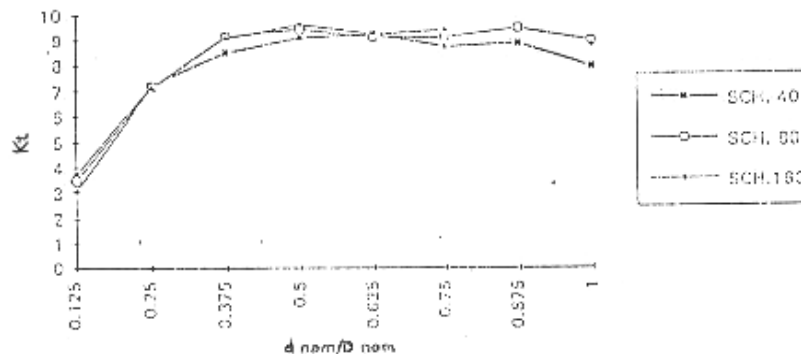
## **TINJAUAN PUSTAKA**

Pipa pada awalnya digunakan untuk mengalirkan suatu fluida baik cair, gas atau campuran. Sistem pemipaan sangat penting bagi industri modern pada saat ini. Berbagai industri strategis menggunakan sistem pemipaan sebagai tulang punggung proses produksinya. Industri-industri tersebut antara lain adalah industri minyak dan gas, pupuk, tambang, pengolahan air dll. Karena memiliki peran yang penting dalam industri modern, penelitian mengenai sistem pemipaan dari aspek disain, analisis tegangan, mekanika fluida dll. telah banyak dikembangkan.

Perencanaan sistem pemipaan yang digunakan di industri modern lazimnya menggunakan kode-kode disain tertentu misalnya kode disain yang dikeluarkan oleh ASME yaitu ASME B3.1.3-1990 [ref. 1]. Kode-kode tersebut berisi tentang penuntun cara menghitung aspek-aspek teknis seperti kekuatan dan kekakuan disain suatu sistem pemipaan. Penggunaan kode disain yang tertentu tersebut dimaksudkan agar pihak-pihak yang berkepentingan seperti pemilik, asuransi, kontraktor, pengawas, pabrikan pipa dll. memiliki persepsi yang sama terhadap sistem pemipaan yang akan dibangun karena nilai ekonomis suatu sistem pemipaan yang tinggi.

Untuk tujuan pengaturan distribusi fluida yang dialirkan, suatu sistem pemipaan seringkali membutuhkan adanya percabangan. Adanya percabangan tersebut akan menimbulkan diskontinuitas geometri pada daerah disekitar percabangan tersebut. Hal ini akan mengakibatkan pemusatan tegangan pada daerah disekitarnya [ref. 3, 4, 6]. Pada tahapan disain untuk dapat memperkirakan besarnya intensitas tegangan disekitar percabangan lazimnya dibutuhkan data harga faktor konsentrasi tegangan (Kt). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah disain yang akan dibuat aman atau tidak.

Data besarnya harga Kt untuk berbagai bentuk percabangan pipa yang digunakan untuk sistem pemipaan telah banyak diteliti dan dipublikasikan [ref. 1, 3, 4, 6]. Harga Kt tersebut dipengaruhi oleh bentuk, dimensi dan modus pembebanannya [ref. 7, 10, 11, 12]. Lazimnya harga Kt dipresentasikan dalam sebuah diagram antara harga Kt versus rasio diameter pipa untuk sudut percabangan dan pembebanan tertentu seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [ref. 1, 3, 4].



Gambar 1. Harga Kt Untuk Sudut Percabangan 60° vs Berbagai Rasio Diameter pipa

Pada perkembangannya, dewasa ini pipa juga banyak digunakan untuk struktur konstruksi bangunan. Misalnya untuk konstruksi reklame, tiang listrik, lampu dan telepon, konstruksi gedung dll. Penggunaan pipa untuk keperluan konstruksi bangunan tersebut tidak terlepas dari sudut tampak bangunan karena memiliki nilai artistik tersendiri dibandingkan dengan penggunaan profil baja lainnya seperti profil I, C, U dll. Seperti halnya pipa yang digunakan untuk mengalirkan fluida, penggunaan pipa untuk konstruksi bangunan seringkali tidak dapat menghindari adanya percabangan.

Dilihat dari sudut pandang disainnya, terdapat 2 perbedaan yang utama antara pipa untuk menyalurkan fluida dengan pipa konstruksi. Perbedaan disain yang pertama adalah pada percabangan pipa konstruksi, pipa utama tetap utuh tidak diperlukan adanya lubang. Perbedaan kedua adalah modulus pembebanan untuk pipa konstruksi pada umumnya didominasi oleh beban aksial (tarik atau tekan) dan momen (lentur atau torsi), sedangkan modulus pembebanan pipa fluida didominasi oleh tekanan internal dan eksternal. Contoh khas beban tekanan luar adalah pada sistem pemipaan bawah laut atau yang ditanam dalam tanah.

Seperti telah disebutkan di muka bahwa besarnya harga  $K_t$  dipengaruhi oleh modulus pembebanan dan geometri dari percabangan. Karakteristik beban dan geometri yang berbeda tersebut menyebabkan harga  $K_t$  yang diperoleh dari pipa fluida tidak dapat dipergunakan untuk mengestimasi seberapa besar intensitas tegangan yang terjadi pada suatu percabangan pipa yang digunakan untuk konstruksi bangunan.

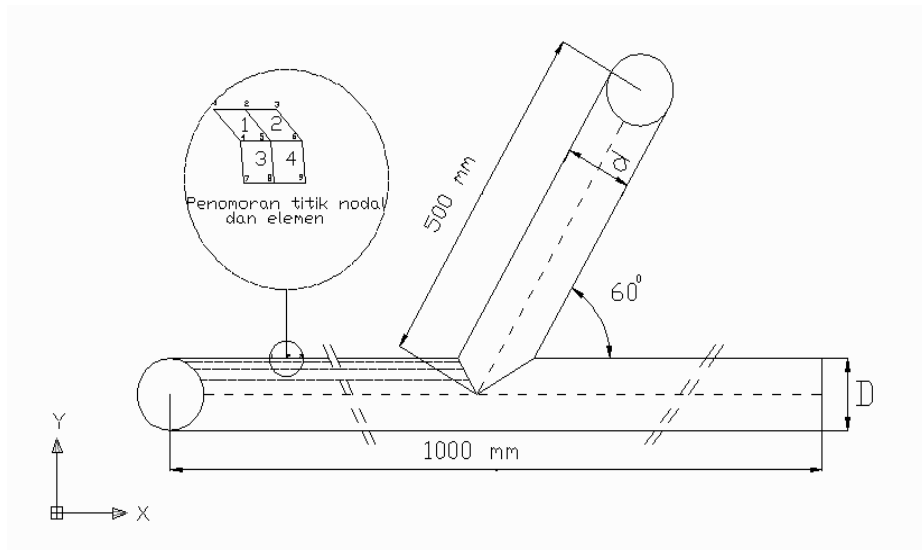
Harga  $K_t$  untuk percabangan pipa ini dapat diperoleh melalui teknik metode elemen hingga [ref. 6, 10]. Penggunaan metode ini lebih cepat, murah dan mudah dibandingkan dengan teknik eksperimentasi. Hal utama yang diperhatikan dalam penggunaan teknik ini adalah pembuatan model yang valid yang mampu mendekati perilaku sistem yang dianalisis [ref. 6,].

## **METODE PENELITIAN**

Model pipa konstruksi dengan sudut percabangan  $60^\circ$  yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada gambar 2. Seperti dijelaskan diatas, pada model ini pipa utama pada percabangannya terdapat lubang. Bahan pipa diasumsikan terbuat dari baja homogen isotropis dengan modulus elastisitas 200GPa dan rasio *poisson* 0,3. Jenis tumpuan yang diterapkan adalah tumpuan jepit disalah satu ujung pipa utama dan diujung lainnya bebas. Jenis elemen hingga yang digunakan adalah gabungan dari elemen T6 dan Q8 yang tersedia pada perangkat lunak berbasis elemen hingga yang digunakan yaitu Algor. Beban yang diterapkan pada model adalah beban aksial berupa tarik pada ujung pipa cabang.

Pemilihan jenis tumpuan tersebut diatas diasumsikan mewakili perilaku struktur saat menerima beban. Hal ini didasari pada anggapan, bahwa pada saat dikenai beban aksial pada pipa cabang, kedua ujung pipa utama sama-sama berpindah, tetapi bila hal ini menyebabkan model tidak dapat dijalankan oleh *software*. Keadaan ini diatasi dengan menganggap bahwa terdapat perbedaan besarnya perpindahan diantara kedua ujung pipa utama tersebut. Dengan demikian maka salah satu ujung pipa utama dapat dijadikan sebagai referensi bagi perpindahan ujung pipa utama lainnya. Dengan anggapan demikian maka sangat tepat apabila jenis tumpuan yang dipakai adalah jepit disalah satu ujung pipa utamanya.

Pada penelitian ini pengaruh rasio diameter pipa cabang-utama juga diteliti. Terdapat enam harga rasio diameter pipa cabang-utama yaitu 0,5; 0,625; 0,75; 0,875 dan 1. Pada penelitian ini dibuat 2 kelompok model, yaitu pipa memiliki tebal yang seragam dan pipa dengan *schedule* 40. Dalam prakteknya, ketebalan pipa cabang dan utama tidak sama besarnya tergantung *schedule* pipa yang dipilih oleh perancangannya. Meskipun demikian pada rasio diameter sama dengan 1, dalam pemilihan tebal pipa cabang dan utama dalam praktek sering dipilih dari pipa dengan tebal yang sama.



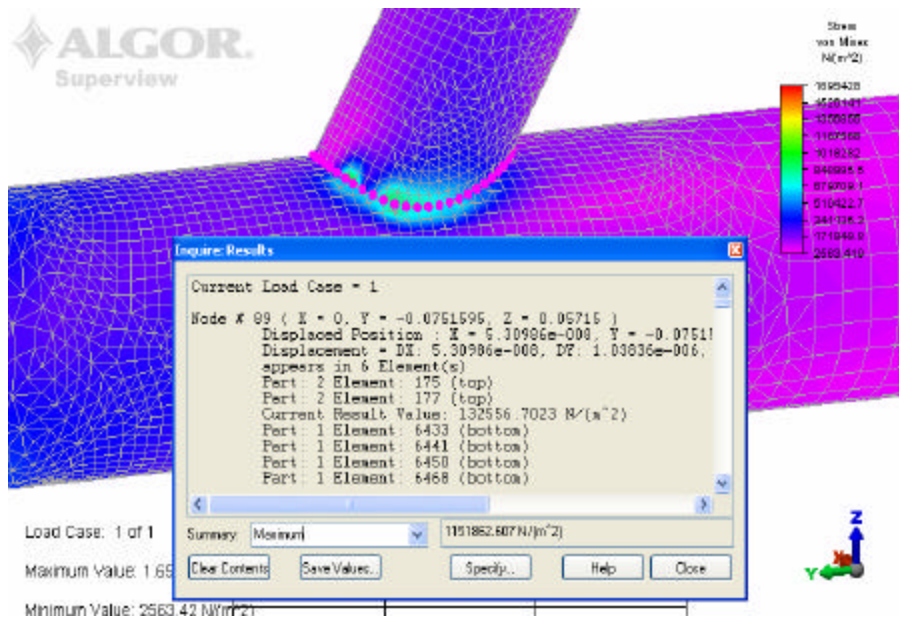
Gambar 2. Model Pipa Konstruksi Sudut Percabangan  $60^\circ$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil keluaran program berupa distribusi tegangan pada model. Selanjutnya dicari besarnya tegangan maksimum yang terjadi pada daerah percabangan dan selanjutnya dibandingkan dengan tegangan nominalnya. Besarnya tegangan nominal tersebut adalah besarnya tegangan yang diperoleh pada daerah yang jauh dari percabangan. Gambar 3 berikut menunjukkan salah satu contoh distribusi tegangan pada model.

Berdasarkan pada tegangan ekuivalen von-mises, untuk kedua kelompok model yaitu pipa dengan tebal seragam dan *schedule 40* dapat dibuat grafik antara harga  $K_t$  vs rasio diameter cabang-utama ( $d/D$ ). Gambar 4 berikut menunjukkan hasil perbandingan 2 kelompok model tersebut. Pada gambar 4 terlihat harga  $K_t$  terbesar terjadi pada model dengan  $d/D = 0,5$  yaitu 11,35 untuk model dengan pipa seragam dan 8,95 untuk model pipa dengan *schedule40*. Sementara untuk rasio  $d/D$  yang lebih besar dari 0,5, kedua kelompok model menunjukkan harga  $K_t$  yang hampir sama.

Kenyataan ini tentunya sangat menguntungkan pada analisis pipa konstruksi, yaitu untuk  $d/D$  lebih dari 0,5, maka pemodelan cukup dilakukan dengan menganggap pipa memiliki ketebalan seragam. Dilihat dari disain konservatif, pemodelan dengan tebal pipa seragam sudah memadai, karena nilai  $K_t$  yang diperoleh lebih tinggi dari pipa dengan tebal tidak seragam.



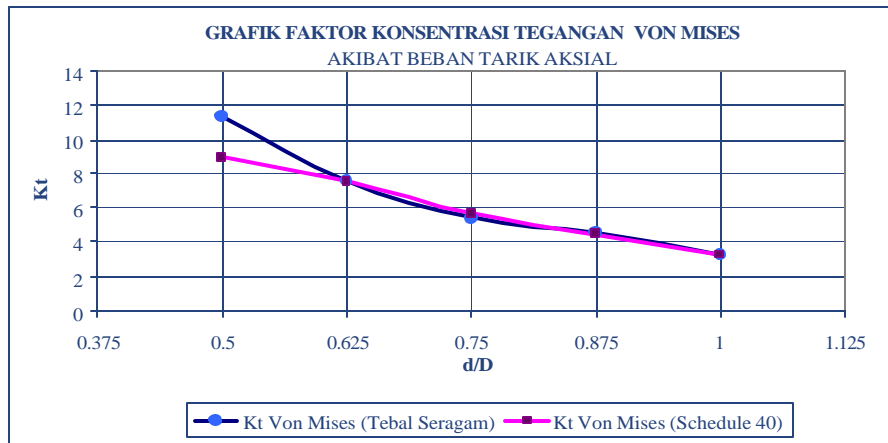
Gambar 3. Distribusi Tegangan Pada Model

Validasi model yang dibuat dilakukan dengan membandingkan hasil penelitian Lee dkk (1998). Pada penelitiannya, geometri model yang diusulkan jauh lebih kompleks dibandingkan dengan model pada penelitian ini. Gambar 4 menunjukkan model yang diusulkan oleh Lee dkk (1998). Pada model tersebut, geometri pipa diperinci dengan mengikutkan geometri pengelasan. Variabel modelnya yaitu  $a = \frac{2L}{D}$  (rasio panjang pipa

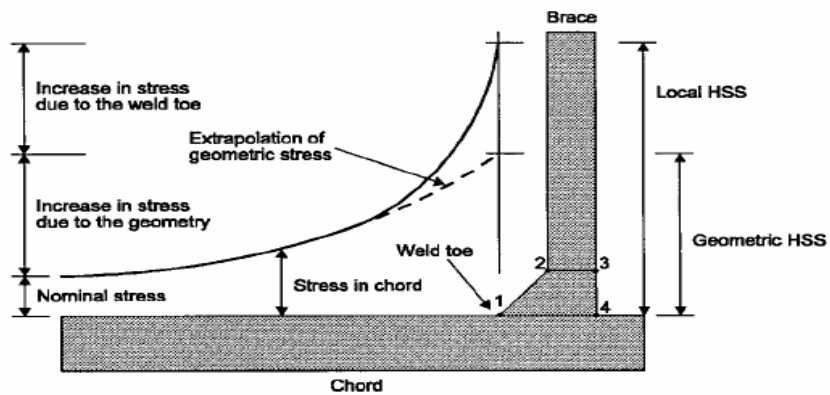
utama dan diameter pipa utama),  $b = \frac{d}{D}$  (rasio antara diameter pipa cabang dengan

pipa utama),  $g = \frac{D}{2T}$  (rasio antara diameter pipa utama dan tebal pipa utama),  $t = \frac{t}{T}$  (rasio antara tebal pipa cabang dan pipa utama) dan  $q$  (kemiringan antara sumbu pipa utama dan pipa cabang).

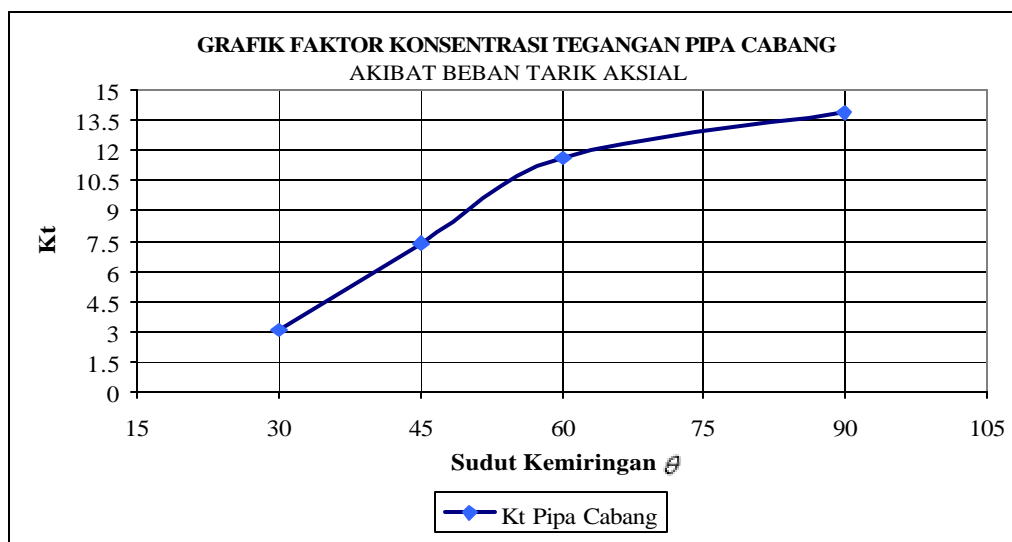
Hasil penelitian Lee dkk (1998) menunjukkan salah satu hasil untuk harga  $\alpha=10$ ,  $\beta=0,8$ ,  $\gamma=24$ ,  $\tau=1$  dan harga  $\theta$  antara  $30^\circ$  sampai  $90^\circ$  terhadap besarnya  $K_t$  seperti ditunjukkan pada gambar 5. Dari gambar tersebut terlihat pada sudut percabangan  $60^\circ$ , harga  $K_t$  yang diperoleh sebesar 11,16. Harga ini berbeda dengan harga yang diperoleh dari model yang diusulkan untuk rasio  $d/D=0,875$  yaitu sebesar dalam penelitian ini yaitu 5,2. Perbedaan yang besar ini menunjukkan bahwa perbedaan disain pipa sangat berpengaruh besar terhadap besarnya harga  $K_t$ .



Gambar 4. Harga Kt Untuk Pipa Seragam dan *Schedule 40*



Gambar 5. Geometri Model Percabangan Pipa Konstruksi (Lee, dkk (1998))



Gambar 6. Besarnya Harga Kt Terhadap Sudut Percabangan (Lee, dkk (1998))

## KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut besarnya harga Kt untuk pipa konstruksi berbeda dengan harga untuk pipa fluida, pemodelan dengan tebal seragam menghasilkan harga Kt yang konservatif dan disain dari pipa konstruksi sangat berpengaruh besar terhadap besarnya harga Kt. Pengembangan model lebih lanjut dapat diupayakan untuk memperoleh model dimana jumlah variable disainnya diminimalkan. Alasannya adalah untuk memudahkan simulasi dan analisis pipa konstruksi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. ANSI/ASME B3.1.3, Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping, ASME, 1990.
2. Desai, CS, “Dasar-dasar Metode Elemen Hingga” Erlangga, Jakarta, 1996.
3. Harsokoesoemo, D; Santoso, G, “The Influence of Diameter Ratio On The Stress Concentrations Around 90<sup>0</sup> Branch Pipe Intersection Due to Internal Load”, The fourth International Offshore and Polar Engineering Conference, Osaka, Japan, 1994.
4. Harsokoesoemo, D; Suweca, I Wayan; Satrijo, D, “Experimental Investigations of Strees Distributions Around 90<sup>0</sup> Branch Pipe Connections Due to Internal Pressure”, Pressure Vessel and Piping Technology Seminar, Singapore, 1993.
5. Lee, M.M.K, Morgan, M.R, Lea, F, “Stress Concentrations In Singgle – Sided Welds In Offshore Tubular Joints”, Department of Civil Engineering University of Wales Swansea, 1998.
6. Natarajan, R; Widera, GEO; Aafshari, P, “A Finite Element Model to Analize Cylinder to Cylinder Intersection”, Journal of Pressure Vessel Technology, Vol 109, pp. 411-420, 1987.
7. Shiegley, Joshep; Mischei, D, “Machine Elments Design”, Mc Graww Hill, New York, 1977.
8. Suprihanto, Agus, ”Faktor Konsentrasi Tegangan Pada Sambungan Las Tipe MC-BI-2 Akibat Beban Tarik”, Majalah Rotasi ISSN 1411-027X, 2003.
9. Suprihanto, Agus, ”Perhitungan Faktor Konsentrasi Tegangan Pada Berbagai Sambungan Las Akibat Beban Tarik”, Majalah Rotasi ISSN 1411-027X, 2004.
10. Suweca, I Wayan; Satrijo, D; “Pengalaman Dalam Pemodelan Elemen Hingga Untuk Perhitungan Distribusi Tegangan Pada Daerah Percabangan Pipa, Seminar Metode Elemen Hingga”, Bandung, 1993.
11. Wibowo, DB; Sugiyanto, “Pengantar Metode Elmen Hingga”, Teknik Mesin UNDIP, 1988.

# **ANALISIS HASIL PRODUK ALAT PERTANIAN MENGUNAKAN TUNGKU PACK KABURISING DENGAN TUNGKU KONVENSIONAL**

**Samsudi Raharjo \* )**

## **Abstrack**

This research was conducted to improve the model of Black Smith's fireplace from the small scale industries of agricultural tools (hoe, sickle, cutting knife, crafting tools). This sector remains an important one in Indonesian economy and man power. The area of research covers Semarang Municipality, Semarang Regency and Jepara Regency, used a parameter beyond the area of Ceper, Klaten Regency and Tegal that are well-known as the basis of small scale metal industries in Central Java. From their roles in opening employment, the small scale industries are often referred to as the venue of cheap and effective entrepreneurship training.

Indonesia has significant capital to become self-reliance nation which can produce various products, however, we are too busy consuming products imported from other countries that are considered to have many advantages if compared with the local ones, in spite of more expensive price.

The method applied in this research was experimental testing, technological design, design trial, the analysis of differential testing and regression method. The testing to check the improvement quality resulted from solid carburetion is conducted through the hardness testing, in which the hardness value increases on the surfaces where solid carburetion was conducted.

The research showed that there was a significant difference in term of hardness of resulted products between the conventional fireplace and the fireplace model designed with solid carburetion using coconut shell as fuel. The improvement of fireplace model is expected to: (1) change work habit to the safer one, (2) improve the quality of agricultural tools, and (3) socialize the design of fireplace with solid carburetion using the coconut shell as fuel to the black smiths in Central Java.

**Kata Kunci : Fireplace, Tool and Quality**

## **PENDAHULUAN**

Bumi Indonesia adalah wilayah yang terkenal dengan wilayah agraris. Ironisnya pada masa sekarang ini kita justru sangat terpuruk dalam pemenuhan kebutuhan pangan yang notabene adalah produk andalan dalam negeri. Bangsa ini mempunyai modal utama yang besar untuk menjadikan dirinya sebagai Negara penghasil produk pangan. Namun karena kita terlalu sibuk untuk mengkonsumsi produk impor yang untuk sementara waktu punya banyak keunggulan dibandingkan produk local diantaranya kualitas yang lebih bagus dan harga yang lebih bersaing, maka kita menjadi terlena untuk meningkatkan produk pertanian kita. Ada banyak factor yang mempengaruhi rendahnya produktifitas pertanian kita diantaranya peralatan pertanian yang digunakan mempunyai kualitas rendah sehingga berakibat proses pertanian agak terhambat, maka melalui penelitian ini peneliti mengambil sampel wilayah penelitian di Tukang pandai besi didaerah sekitar Pasar Mangkang, Peterongan , pasar Jatingalen, Pandai besi disekitar Pasar Babatan Kabupaten Semarang, Desa Pandan Sari Jepara.

Yang menjadi permasalahan sampai saat ini adalah kualitas peralatan pertanian ( Cangkul, Sabit, Pahat, Pisau deres dan Alat-alat Ukir) yang dihasilkan oleh pengrajin

---

\* ) Staf Pengajar Jurusan Mesin UNIMUS

pandai besi kita masih rendah dan belum memenuhi standart Nasional Indonesia ( SNI ) terutama kekerasannya. Faktor yang menyebabkan adalah :

- Pemakaian bahan baku dari baja yang tidak standart
- Pelaksanaan proses perlakuan panas yang kurang baik.

Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, pada program rancang bangun ini, peneliti merancang bangun Tungku perlakuan panas untuk peningkatan kualitas kekerasan alat pertanian ( Cangkul, Sabit, Pahat, Pisau deres dan Alat-alat Ukir ) yang dihasilkan oleh pengrajin pandai besi dengan cara melakukan proses karburasi padat ( pack carburizing ). Dengan proses pack carburizing diharapkan nilai permukaan produk dari pengrajin pandai besi akan meningkat. Adapun bahan yang digunakan untuk melakukan pack carburizing adalah arang aktif batok kelapa yang mengandung carbon tinggi, ide penggunaan batok kelapa sebagai bahan pack carburizing ini adalah batok kelapa banyak tersedia disekitar kita dan pengolahan batok kelapa menjadi arang tidak sulit. Dengan demikian peneliti berharap proses pack carburizing yang dilakukan tidak banyak menyerap biaya produksi sehingga harga jualnyapun dapat ditekan, yang berakibat akhir produk lokal mampu bersaing dengan produk pabrikan.

### **Permasalahan**

Pengrajin pandai besi pada saat ini sudah mampu menghasilkan alat –alat pertanian seperti : cangkul, Sabit, Pahat, Pisau deres, Alat-alat Ukir dan lain-lainnya. Pada saat ini proses yang dilakukan pengrajin dalam menghasilkan produknya adalah dengan menempa bahan baku yang berupa baja sampai temperature austenisasi kemudian dilakukan proses pencelupan (Quenching ). Tujuan pencelupan adalah untuk meningkatkan kekerasan permukaan namun usaha ini masih belum cukup untuk meningkatkan kekerasan permukaan produk karena terbatasnya komposisi carbon. Sehingga proses yang dapat dilakukan adalah dengan perlakuan karburasi padat.

Dari keadaan ini timbul pemikiran untuk membuat rancang bangun alat karburasi padat dengan harapan produk peralatan pertanian dapat memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan jika hanya dilakukan proses celup (Quenching) saja, perkiraan awal produk pandai besi tidak mempunyai kekeraan yang memadai sebagaimana produk setelah mengalami proses karburasi padat dengan menggunakan bahan arang aktif batok kelapa.

Alasan penggunaan arang batok kelapa adalah karena bahan dasar yang berupa batok kelapa banyak dijumpai dilingkungan sekitar kita sehingga diharapkan harga produk pandai besi (alat pertanian) yang dihasilkan dapat bersaing dengan produk impor.

Dengan proses karburising diharapkan permukaan hasil produksi para tukang pandai besi, kekerasannya dapat meningkat namun tidak mempengaruhi keuletan dibagian dalam produk pandai besi. Rancang bangun tungku karburasi padat ini dikhususkan menghasilkan proses carburasi yang bagus, dengan demikian peralatan pertanian yang dihasilkan meningkat kekerasannya.

### **METODE DAN BAHAN**

Populasi penelitian ini meliputi para tukang pandai besi yang meliputi Daerahan, Semarang dan Jepara yaitu diambil sampel sejumlah 100 tukang pandai besi.

Pengambilan sample melalui proses stratified random sampling ( Sekaran,1992, h. 229-230 ). Sehingga setiap tukang pandai besi memiliki peluang yang sama menjadi sample penelitian.

➤ **Bahan dan Alat**

Tabel 1. Bahan dan alat yang dibutuhkan untuk rancangan Tungku

Bahan	Penggunaan	Unit	Jumlah
Bata merah	Dinding luar	buah	200
Semen	Dinding luar	buah	100
Bata tahan api	Dinding dalam	buah	100
Castable material	Dinding dalam	Kg.	10
Semen api	Tutup Tungku	Kg.	25
Blower 0.25 PK		buah	1
Besi siku 2 x 2 x 1 inchi	Rangka Tungku	meter	8
Pipa Dia 1 inchi	Saluran udara	meter	5
Bearing Dia 500x300x300	Kotak bahan	buah	1
Bearing Dia 2,5 inchi	Penggelincir tutup	buah	1
Tutup baja 500x300x25	Tutup	buah	1

Peralatan kerja yang dibutuhkan adalah peralatan Tukang batu pada umumnya : Cetok, siku, Pasak besi, Meteran, Pacul besi, Ember, water pass dan pasak besi untuk memotong bata api .

➤ **Tahapan Pembuatan**

- Tentukan tempat peletakan tungku sesuai dengan ukuran yang diperlukan.
- Ratakan tanah ditempat yang diletakan tungku bila perlu dengan water pass.
- Letakan rangka tungku dan pasang bata merah disekeliling rangka bagian dalam dengan direkatkan dengan semen (buat lubang untuk pembuangan abu arang).
- Buat dinding dalam tungku dengan pasangan bata tahan api dengan perekat semen tahan api setipis mungkin (sisakan lubang pembuang abu,lubang pengintip,lubang udara keluar). Pasangkan cerobong asap dari pipa besidiameter 2 inci setinggi dua meter dan merapatkan antara tutup tungku dengan badan tungku agar aliran panas dalam tungku lebih awet.
- Keringkan tungku, pengeringan sebaiknya dilakukan secara alami kira-kira 2 hari.
- Pasang tutup tungku sesuai gambar

➤ **Uji coba desain**

Uji coba desain dilakukan pada tungku karburasi padat ini adalah :

- Letakan bahan dalam kotak dengan ditutupi flux yang terdiri dari campuran arang batok kelapa dan  $BaCO_3$  (Barium Karbonat) sebagai aktifator dengan perbandingan 1:10,kemudian kotak ditutup.
- Peletakan kotsk dalam tungku adalah diatas bata tahan api dengan jarak sekitar 10 cm dari seluruh sisi tungku.
- Pengisian arang diantara kotak dan dinding mula – mula setinggi 10cm kemudian dibakar.setelah api besar kemudian ditambahkan arang sampai setinggi kotak bahan.
- Diatas penutup kotak ditaruh batu bata disisi kiri kanan- belakang agar tutup tidak terbuka dan menahan panas kemudian tungku ditutup.
- Setelah seluruh arang tebakar suhu ditutup kotak sekitar 750 °C sedang dibidang bawah sekitar 900°C biarkan selama 2 jam.
- Pendinginan cepat, setelah 2 jam temperature penyepuhan tercapai tungku dan kotak dibuka dengan penjempit bahan didinginkan cepat satu per satu.Semula bagian yang tajam dicelup ke air selama 1- 2 detik dicabut dan masukan kembali dan kemudian seluruh bagian perlahan- lahan.

## PEMBAHASAN

Alat pertanian seperti cangkul, sabit, pisau deres dan alat-alat ukir adalah alat potong yang membutuhkan permukaan keras namun dengan bagian tengah yang tetap ulet, sehingga upaya yang dapat dilakukan adalah pengerasan permukaan diantaranya dengan melakukan karburasi.

Karburasi adalah untuk meningkatkan konsentrasi karbon dilapisan permukaan dari produk baja untuk mendapatkan permukaan tahan aus yang lebih keras. Cara ini biasanya dilakukan dengan menahan dalam gas yang terdiri dari campuran CH<sub>4</sub> dan atau CO pada temperature austenisasi dengan mengontrol proporsi dan konsentrasi karbon pada permukaan baja dalam keadaan seimbang dengan campuran gas dapat ditentukan pada jumlah konsentrasi yang sesuai. Pada waktu yang bersamaan karbon yang berdifusi secara continue dari permukaan ke baja.

Profil konsentrasi yang dapat dicapai setelah perbedaan waktu. Penjelasan analitik untuk profil ini dapat dicapai dengan menggunakan hukum fick II dengan menggunakan kondisi batas : C<sub>b</sub> (pada X=0) = C<sub>s</sub> dan C<sub>b</sub> ( ∞ ) = C<sub>o</sub>, konsentrasi karbon original baja. Spesimen diasumsikan sebagai panjang infinit pada kenyataannya koefisien difusi karbon di austenit meningkat dengan meningkatnya konsentrasi , tetapi larutan yang diinginkan dapat dicapai dengan mengambil nilai rata-rata dan menjadi persamaan yang sederhana :

$$C = C_s - (C_s - C_o) \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right)$$

dimana :

- C = Konsentrasi karbon rata-rata
- C<sub>s</sub> = Konsentrasi karbon dipermukaan
- C<sub>o</sub> = Konsentrasi karbon dibagian terdalam
- X = Tebal penetrasi karbon
- D = Koefisien difusi karbon
- t = Waktu difusi karbon

Dari persamaan diatas nilai yang lebih akurat didapat dari buku standart matematika. Diketahui bahwa erf ( 0.5 ) adalah 0.5, sehingga tebal dimana konsentrasi karbon ditengah-tengah antara C<sub>s</sub> dan C<sub>o</sub> dinyatakan dengan  $\left( \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) = 0.5$  sehingga tebal bagian terkaburasi adalah  $\sqrt{Dt}$ . Perlu diingat bahwa kedalaman dari garis iso konsentrasi adalah berbanding lurus dengan  $\sqrt{dt}$ . Sehingga untuk mencapai dua kali peningkatan penetrasi membutuhkan empat kali waktu penetrasi.

### Pack karburising

Proses ini disederhanakan dan merupakan metode awal untuk melakukan karburising dengan cara meletakkan komponen yang akan diproses kedalam wadah yang terbuat dari logam dengan campuran bahan karburasi yang terdiri dari serbuk batu bara dan 10% barium carbonat yang membungkus sekeliling komponen. Wadah ini kemudian dipanaskan pada temperature konstan (850 s/d 950 °C) untuk beberapa waktu guna memastikan temperature yang dipakai dan memastikan bahwa karbon terdifusi ke permukaan komponen pada kedalaman tertentu.

Adapun sumber karbon terdapat berasal dari batu bara. Arang batok kelapa atau arang kayu . Pada penelitian ini digunakan arang aktif dari batok kelapa sebagai sumber karbonnya. Setelah dilakukan pack carburizing langkah berikutnya adalah perlakuan panas yang terdiri dari austenisasi dan tempering serta Quenching. Berikut ini adalah diagram

fasa Fe-C yang dapat digunakan untuk menentukan dimana letak baja karbon rendah yang digunakan sebagai bahan alat-alat pertanian.

Dari diagram fasa diatas letak baja carbon rendah adalah didaerah pada konsentrasi dibawah 0.8% C. Sedangkan perlakuan panas yang dilakaukan pada proses pack karburising adalah proses austempering dengan tahapan proses sebagai berikut :

- Austenisasi yaitu komponen logam dipanaskan pada temperature diatas  $850^{\circ}\text{C}$  dan  $950^{\circ}\text{C}$  selama 15 menit sampai 2 jam
- Austempering setelah austenisasi komponen logam di celup dalam bak garam pada temperatur dalam range  $450^{\circ}\text{C} - 250^{\circ}\text{C}$  selama setengah sampai tiga jam kemudian di dinginkan sampai temperature ruangan

Temperatur transformasi isothermal lebih rendah jika dibandingkan dengan pearlite tetapi lebih tinggi dari temperature "martensit start". Perlakuan panas menghasilkan tipe mikrostruktur bainit yang berbeda, tergantung pada temperature dan waktu perlakuan ( treatment ).

### Laju Pendinginan Selama Pencelupan

Pengurangan temperature yang cepat dari temperature *austenisasi* ketemperatur *austempering*. Laju pendinginan selama tahap ini sangat penting karena menentukan *mikrostruktur* matriks dari baja yang akan di *austemper* pencelupan lambat akan menghasilkan *pearlite*, ini biasa terjadi pada benda coran yang besar dimana bagian tengah mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan bagian luarnya, *mangan* sering dipakai untuk mengurangi laju pembentukan *pearlite* selama pendinginan dan membiarkan pembuatan benda coran yang besar. Derajat dimana *bainit* dapat dicapai selama laju panas iso thermal untuk menghindari *pearlite* atau *martensit* dikenal sebagai pengerasan *bainit* pada paduan.

### Karbon Aktif

Karbon aktif adalah istilah umum untuk material karbon yang kebanyakan berasal dari batu bara. Material ini mempunyai penampang permukaan yang luas. Hanya 1 gram karbon aktif punya daerah permukaan mendekati 500 m, terutama ditentukan oleh penyerapan gas nitrogen dan termasuk jumlah porositas yang banyak. Aktivasi dilakukan khusus untuk aplikasi yang membutuhkan permukaan yang luas, selanjutnya perlakuan kimiawi dilakukan untuk mengatasi sifat penyerapan material.

Adapun cara untuk memproduksi arang karbon aktif adalah sebagai berikut :

- Reaktifitas fisik ; proses dalam precursor dikembangkan menjadi karbon aktif menggunakan gas. Proses ini biasanya dilakukan dengan menggunakan salah satu atau kombinasi proses berikut :
  - ❖ Karbonisasi : adalah proses dimana material dengan kandungan karbon pyrolisis pada temperature  $600^{\circ}\text{C} - 900^{\circ}\text{C}$ , dalam lingkungan hampa udara ( biasanya dalam atmosfer inert dengan gas seperti nitrogen atau argon ).
  - ❖ Aktifasi/ Oksidasi : proses dimana bahan baku atau material terkarbonisasi diekspose kelingkungan oksidasi ( karbon dioksida, oksigen atau uap air ) pada temperature diatas  $250^{\circ}\text{C}$  biasanya berkisar antara  $600^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$ .
- Aktivitas kimiawi : adalah metode lain yang digunakan untuk mempersiapkan aktifitas karbon. Yang melibatkan pengisian dengan bahan kimia diantaranya asam seperti asam phosphoric, atau basa seperti potassium hidroksida NaOH atau garam seperti ZnCl. Yang diikuti oleh proses karbonisasi pada temperature berkisar antara  $450^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$ . Hal ini dipercaya bahwa karbonisasi dan langkah aktifasi mempercepat aktivasi kimiawi secara simultan . Teknik seperti ini dapat menemui

masalah pada kasus-kasus tertentu seperti residu Zn mungkin terdapat pada hasil akhirnya. Bagaimanapun aktivasi kimiawi lebih dipilih dari pada aktivasi fisika karena mempunyai temperature proses yang lebih rendah dan waktu yang lebih pendek dibutuhkan untuk mengaktifasi karbon. Material yang digunakan dapat berupa beberapa material yang mengandung karbon seperti batok Batok kelapa, Kayu Akar bambu, Batu bara. Karbon aktif jenuh dapat terregenerasi oleh pemanasan.

### **Sifat Karbon Aktif**

Satu gram karbon aktif mungkin mempunyai luas permukaan lebih dari 400 mdengan 1500 m yang siap diaktivasi. Sebagai perbandingan lapangan tennis kira-kira 260 m, karbon aerogel yang lebih mahal mempunyai permukaan yang lebih luas dan digunakan dalam aplikasi khusus.

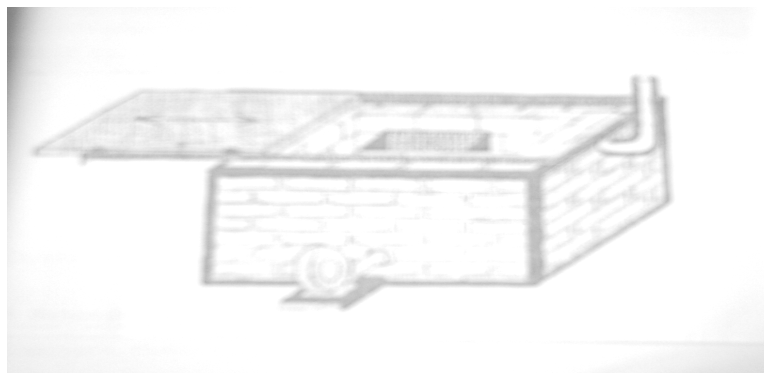
Dibawah mikroskop elektron, struktur karbon aktif seperti pita kertas yang kecil yang bergumpal bersama, tercampur dengan campuran kayu. Ada banyak jumlah kaitan dan bentangan yang luas dimana permukaan bahan rata seperti grafit berposisi parallel satu sama lainnya, dipisahkan oleh sekian nano meter. Rongga yang sangat kecil ini menyediakan kondisi untuk terjadinya absorpsi, karena bahan penyerap dapat berinteraksi dengan banyak permukaan secara simultan. Uji daya penyerapan biasanya dilakukan dengan gas nitrogen pada temperature 77 K dibawah tekanan tinggi. Namun seiring dengan waktu istilah karbon aktif sesuai dengan produk yang ekivalen dengan penyerapan air dari uap air pada 100 °C dan tekanan 1/10.000 atmosfer.

Secara fisik karbon aktif mengikat material dengan gaya vander walls khususnya gaya London dispersion.

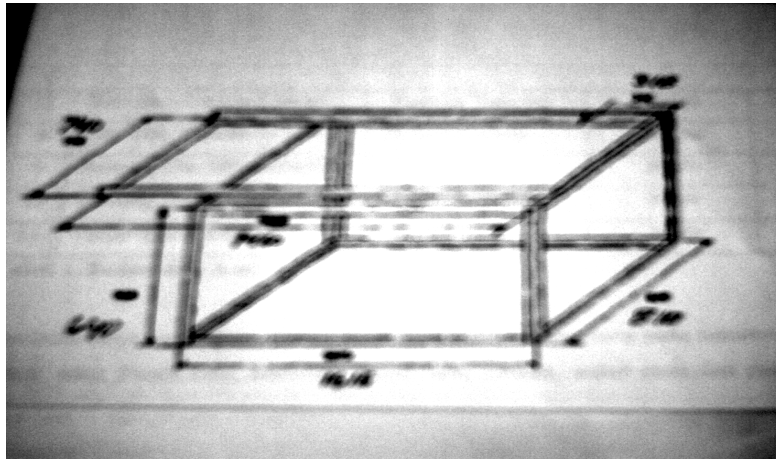
Karbon aktif tidak terikat dengan baik untuk zat kimia tertentu, termasuk lithium, alcohol, glikol, amoniak, asam dan basa kuat, logam dan hamper semua material inorganic seperti natrium, besi, timah, arsenic, flour, dan asam borak. Karbon aktif menyerap iodine dengan baik dan pada prakteknya angka iodine, mg/g 9 astm D28 standart methode test ) digunakan sebagai indikasi daerah permukaan total. Karbon aktif juga dapat digunakan sebagai substrate untuk aplikasi dari beberapa aplikasi dari beberapa reaksi kimia untuk meningkatkan kapasitas penyerapan bahan inorganic dan organic yang bermasalah seperti asam sulfide, ammonia, formaldehyde dan rasa.

Metodologi yang digunakan untuk melakukan rancang bangun tungku karburasi padat ini secara eksperimen, sebagai berikut :

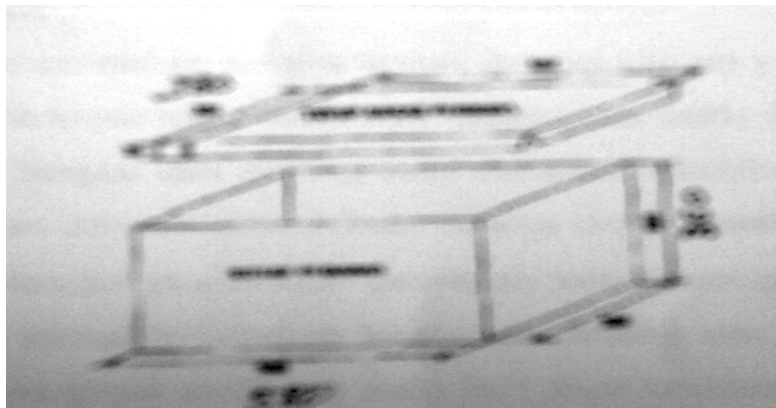
### **Desain Teknologi**



**Gambar 1. Sketsa Tungku Karburasi Padat**



**Gambar 2. Kerangka Tungku**



**Gambar 3. Kotak tempat bahan**

### Proses dan Hasil Analisis

Penelitian ini menggunakan multivariate seperti chi-square dan regresi dengan software SPSS versi 9.0. responden penelitian diambil 100 tukang pandai besi dari 3 daerah ungaran, semarang dan jepara, rincian lihat tabel 1.

Tabel 2. Frekwensi Perubahan yang Diharapkan

Bahan	Potensi Perubahan			Jumlah
<b>Biasa</b>	15	10	8	33
<b>Sedang</b>	10	15	15	35
<b>Baik</b>	15	9	9	32
	40	34	26	100

Sumber data primer yang diolah.

Semua konstruk pada penelitian ini adalah latent variable, untuk menguji apakah sekelompok variable secara bersama-sama dan kuat merupakan sebuah dimensi dari suatu latent variable, maka diperlukan konfirmasi factor analisis model dari tiga konstruk bahan logam dengan kualitas ( baik, sedang dan biasa ) dengan konstruk tungku ( pack

karburising dan konvensional ). Hasil lengkap konfirmasi analisa data setelah diolah lihat tabel 2 ( Perbedaan hasil produk )

Tabel 3. Analisa Data Pengolahan

	Value	df	Asymp.Sig
Pearson Chi-Square	3.172	4	0.529
Likelihood Ratio	3.231	4	0.520
Linear by linear Association	0.000	1	0.983
N of valid cases	100		

0 cells (0%) have expect count less than 5  
The minimum expected count is 8.32

Angka-angka hasil perhitungan dengan menggunakan software SPSS dengan tingkat signifiian sebesar 0,529 menunjukkan bahwa hipotesa nol yang menyatakan terdapat perbedaan kekerasan permukaan hasil produk diterima, jadi dengan kata lain ada perbedaan dalam perlakuan panas antara kedua tungku tersebut.

Tabel 4. Hasil analisis regresi dari potensi tungku secara lengkap

Model	Unstandardized Coefficient		Standardized Coefficient	t	Sign.	Colliearity Statistics	
	B	Std Error	Beta			Tolerance	VIF
Constant	-.532	.171		-3.104	.003		
Pack Carburizing	7.228	.057	.326	126.169	.000	.808	1.238
Konvensional	7.102	.037	.557	192.023	.000	.640	1.562
Tempat	7.133	.052	.375	137.492	.000	.725	1.380

Dependent variable: Bahan

Dari hasil komputer dengan perangkat lunak SPSS versi 9.0 diatas menunjukkan nilai  $F = 56996,373$  lebih besar dari 4 maka  $H_0$  dapat ditolak, jadi menerima hipotesis alternatif yang menyatakan bahwa semua variabel bebas secara serentak dan signifikan mempengaruhi variabel terikat disamping itu dikuatkan oleh koefisien determinasi ( adjusted  $R^2$ ) model tersebut sangat meyakinkan yaitu sebesar 0,999 mendekati angka 1 berarti hampir semua variabel bebas memberikan informasi yang dibutuhkan, kemudian hasil uji secara individual sebagaimana terlihat dari nilai t memperlihatkan bahwa semua variabel bebas signifikan mempengaruhi variabel terikat.

## KESIMPULAN

Proses perlakuan panas pada tungku pack karburising adalah proses austempering dengan tahapan :

1. Austenisasi yaitu komponen logam dipanaskan pada temperatur diatas 850 dan 950°C selama 15 menit sampai 2 jam
2. Austempering setelah austenisasi komponen logam dicelup pada bak garam dalam temperatur 450 ÷ 250°C selama 30 menit ÷ 3 jam kemudian didinginkan sampai temperatur ruangan.

Dari hasil perhitungan melalui statistik chi-square dan regresi ternyata hasil produk tungku pack karburising lebih berkualitas dan permukaannya lebih keras sehingga dapat menyamai produk pabrikan.

## SARAN

Melalui hasil penelitian ini diharapkan para tukang pandai besi di wilayah Jawa Tengah pada umumnya dapat menerapkan model tungku pack karburising ini atau mengaplikasikan model tungku yang dikembangkan sehingga pada akhirnya hasil produksinya lebih berkualitas, efektif dan efisien

## DAFTAR PUSTAKA

1. Activated carbon, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/quaery/2006>
2. ASTM A536, Annual Book of ASTM Standard, Vol.1.02, ASTM, West Conshohocken, PA, 1999
3. ASTM A897, Annual Book of ASTM Standard, Vol.1.02, ASTM, West Conshohocken, PA, 1999
4. Bhadesia HKHD, Bainite in Steels, The Institute of Materials, 1992
5. B.H. Amstead, Sriati Djaprie, Teknologi Mekanik, Edisi ketujuh Jilid 1, Erlangga 1995
6. Carburising, [http://www.matter.org.uk/steel\\_matter/manufacturing/surface\\_hardnees/2006](http://www.matter.org.uk/steel_matter/manufacturing/surface_hardnees/2006)
7. Degarmo, Materials and Processes in manufacturing, 7 Edition, Macmilan Publishing Company, New York, 2000
8. DA Porter And Easterling, Phase Transformation In Metal and Alloys, Capman and hall, Second Edition, 1993
9. Natalie Neff, Mustang Cobra Gets audited for 1999, WWARD'S Auto Word, February, 1999
10. Pack Carburising, [http://www.staff.nel.ac.uk/s.j\\_bull/gears/sl001.htm](http://www.staff.nel.ac.uk/s.j_bull/gears/sl001.htm)
11. Steel Hardening Process, [http://www.roymech.co.uk/useful\\_tabel/matter/iron\\_steelform/2006](http://www.roymech.co.uk/useful_tabel/matter/iron_steelform/2006)

# METODE SEDERHANA UNTUK MENCEGAH TERJADINYA PUKULAN AIR DI DALAM INSTALASI PLAMING

Murni \* )

## Abstract

Blow irrigite because of the happening of increas of high pessure on the spur of the moment effect of closing of spillway sudden., this blow will result damage in instalation of plumbing, to avoid this matter at instalation of plumbing needed by an appliance silencer of simplest blow among others cheap and of its price is to install air cavity in place is where enabled by the happening of water blow.

**Keyword : Plumbing, dir causty, dilencer**

## PENDAHULUAN

Bila kita membuka atau menutup katup secara mendadak sering mendengar suara benturan keras di dalam instalasi pipa atau kadang-kadang disertai getaran pada instalasi pipa tersebut.

Begitu pula kalau kita mematikan pompa sering mendengar suara keras di dalam pipa keluar, hal ini terjadi karena pengaruh pukulan air yang diakibatkan oleh lonjakan tekanan secara tiba-tiba akibat tertutup katup searah maupun berhentinya aliran.

Pukulan air dapat mengakibatkan kerusakan di dalam instalasi plaming untuk menghindari hal tersebut di dalam instalasi plaming di tempat-tempat tertentu yang memungkinkan timbulnya pukulan air perlu ditambah alat untuk mencegah pukulan air ini.

Ada bermacam-macam alat pencegah pukulan air diantaranya yang paling sederhana dan murah adalah dengan menambah rongga udara di tempat-tempat instalasi plaming yang memungkinkan timbul pukulan air.

### ➤ **Penyebab Terjadinya Pukulan Air**

Bila aliran dalam pipa dihentikan secara mendadak oleh kran atau katup, tekanan air pada sisi atas (cepstream) akan meningkat dengan tajam dan menimbulkan gelombang tekanan yang akan merambat dengan kecepatan tertentu dan kemudian dapat dipantulkan kembali ke tempat semula. Gejala ini menimbulkan kenaikan tekanan yang sangat tajam sehingga menyerupai suatu pukulan dan dinamakan grjala pukulan air (water hammer). Tekanan yang timbul dinamakan tekanan pukulan air (water hammer pressure).

Pada pipa yang akan dihubungkan dengan pompa gejala pukulan air juga dapat terjadi. Misalnya bila sebuah pompa sedang bekerja tiba-tiba mati (karena dimatikan atau listrik padam), maka aliran air akan terhalang impiler sehinga mengalami perlambatan yang mendadak. Di sini terjadi lonjakan tekanan pada pompa dan pipa seperti peristiwa penutupan katup secara tiba-tiba. Lonjakan tekanan juga dapat terjadi jika pompa dijalankan dengan tiba-tiba atau katup dibuka secara cepat. Besarnya lonjakan atau jatuhnya tekanan karena benturan air, tergantung pada : laju perubahan kecepatan aliran. Dalam hal katup tergantung pada kecepatan penutupan katup atau pembukaan katup dan dalam hal pompa tergantung cara menjalankan dan menghentikan pompa. Selain itu panjang pipa, kecepatan aliran dan karakteristik pompa, merupakan faktor-faktor yang sangat menentukan besarnya lonjakan atau jatuhnya tekanan karena pukulan air.

---

\* ) Staf Pengajar PSD III Teknik Mesin UNDIP

Disamping uraian di atas ada beberapa keadaan yang cenderung akan terjadi pukulan diantaranya :

- Tempat-tempat di mana katup ditutup / dibuka
- Keadaan di mana tekanan air dalam pipa selalu tinggi
- Keadaan di mana kecepatan air dalam pipa selalu tinggi
- Keadaan di mana banyak jalur ke atas dan ke bawah dalam sistim pipa jalur lurus
- Keadaan di mana temperatur air tinggi

➤ **Akibat Pukulan Air**

Gelombang tekanan yang timbul pada gejala pukulan air dapat dinyatakan dengan rumus :

$$a = \frac{K \cdot g / \gamma}{\sqrt{1 + \frac{K \cdot d}{E \cdot t}}}$$

Dimana :

- A : kecepatan rambat gelombang tekanan m/det
- K : koefisien elastisitas volumetrik air kg/m<sup>2</sup> untuk air bersih pada temperatur normal nilai K adalah sebesar 207 juta kg/m<sup>2</sup>
- g : akselerasi gravitasi = 980 m/det<sup>2</sup>
- γ : berat spesifik air kg/m<sup>3</sup> untuk air bersih dapat diambil 1000 kg/m<sup>3</sup>
- E : koefisien elastisitas memanjang dari bahan pipa kg/m<sup>2</sup>  
 Pipa baja karbon E = 2100 juta kg/m<sup>2</sup>  
 Pipa besi tuang E = 10.000 juta kg/m<sup>2</sup>  
 Pipa tembaga E = 15.400 juta kg/m<sup>2</sup>  
 Pipa PVC E = 250 juta kg/m<sup>2</sup>
- d : diameter dalam dari pipa m
- t : tebal dinding pipa m

Sedangkan kenaikan tekanan dapat dihitung dengan bantuan hukum Newton (tanpa menghiraukan gelombang tekanan yang membalik)

$$\Delta p = C \cdot \gamma \cdot V \cdot N / m^2$$

Dimana :

- Δp : kenaikan tekanan N/m<sup>2</sup>
- γ : massa jenis kg/m<sup>3</sup>
- C : kecepatan rambat dari gelombang tekanan pipa m/s
- V : kecepatan aliran air m/s

Kerusakan yang ditimbulkan karena pukulan air :

- Pipa dapat pecah karena lonjakan tekanan
- Peralatan plambing akan rusak akibat tekanan yang ditimbulkan pukulan air
- Pasangan instalasi akan rusak karena getaran yang diakibatkan pukulan air
- Sambungan-sambungan instalasi akan cepat bocor/rusak
- Katup dapat pecah karena lonjakan tekanan.

Cara mencegah timbulnya pukulan air :

- Menghindarkan tekanan kerja yang terlalu tinggi
- Menghindarkan kecepatan aliran yang terlalu tinggi
- Menggunakan dua katup bola pelampung pada tangki air
- Memasang alat pencegah pukulan air
- Memasang rongga udara di dalam instalasi

Kelebihan dan kelemahan memasang rongga udara di dalam instalasi dibanding sistem lain

➤ **Kelebihan**

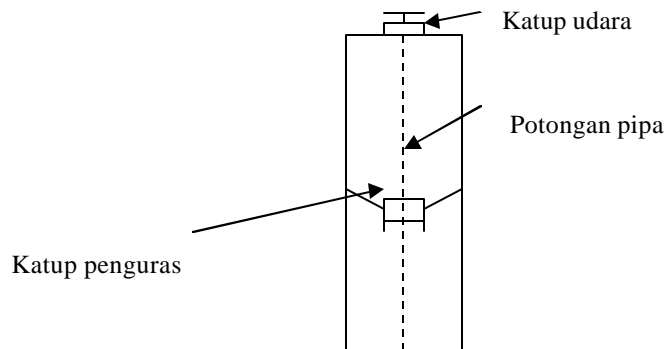
- Bentuk sederhana
- Pembuatan mudah
- Biaya murah karena dapat menggunakan potongan-potongan pipa
- Biaya perawatan murah

➤ **Kelemahan**

Udara dalam rongga udara lama kelamaan dapat lenyap karena terbawa mengalir keluar dalam bentuk gelembung atau larut sebagai gas dalam air. Oleh karena itu, secara periodik sistem pipa perlu dikuras untuk memasukkan udara baru ke dalam rongga-rongga udara dalam instalasi atau memasang alat yang dapat dipakai untuk memasukkan udara ke dalam rongga udara untuk rongga udara ukuran besar.

➤ **Cara pembuatan rongga udara**

Rongga udara biasanya dibuat dari potongan pipa dengan diameter pipa sesuai dengan diameter pipa masuk instalasi yang akan di pasang rongga udara, panjang pipa rongga udara kurang lebih 30 cm. Sedang untuk rongga udara ukuran besar perlu dipasang katup untuk memasukkan udara.

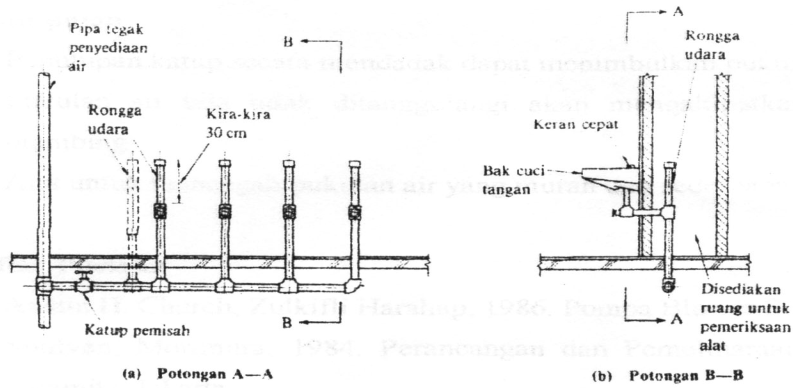


Gambar 1. Rongga Udara

➤ **Pemasangan Rongga Udara**

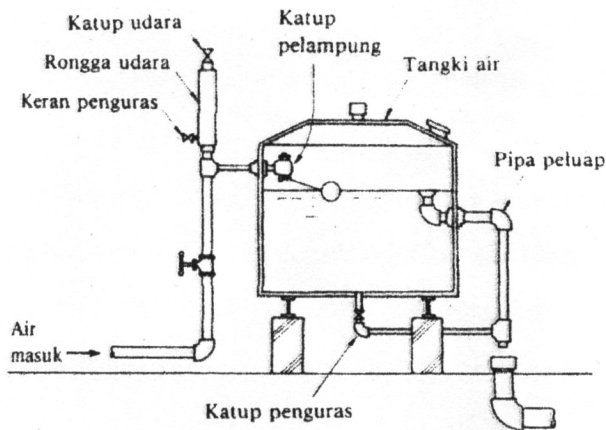
Rongga udara dipasang tegak lurus dan sedikit numpu pada tempat-tempat di mana kemungkinan akan terjadi pukulan air.

- Dipuncak pipa tegak di mana ada kemungkinan akan timbul pukulan air
- Di tempat-tempat yang sering terjadi penutupan dan pembukaan katup secara mendadak (bak cuci tangan, kloset, mesin cuci, baik air dan lain-lain)
- Di tempat yang memungkinkan di mana akan terjadi aliran balik seperti pipa keluar pompa.



Gambar 2. Contoh Pemasangan Roda Udara

Garis putus-putus menunjukkan lokasi rongga udara kalau hanya dipasang satu saja.



Gambar 3. Contoh Pemasangan Rongga Udara Untuk Pipa Air Masuk Ke Tangki Air Besar

## KESIMPULAN

Penutupan katup secara mendadak dapat menimbulkan pukulan air. Pukulan air bila tidak ditanggulangi akan mengakibatkan kerusakan di dalam instalasi plambing. Alat untuk mencegah pukulan air yang murah dan sederhana adalah rongga udara.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Austin H. Church, Zulkifli Harahap, "Pompa Blower Sentrifugal", Erlangga, Jakarta, 1986.
2. Raswari, "Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan", Universitas Indonesia, Jakarta, 1986.
3. Soufyan, Morimura, "Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing", PT. Pradya Paramita, Jakarta, 1984.
4. Sularso, Haruo Tahara, 1985, "Pompa dan Kompresor", Pradya Paramita, Jakarta.
5. Thomas Krist, "Hidraulika", Erlangga, Jakarta, 1989.
6. Victor L Streeter, Benjamin Wylie, "Fluid Mechanics", Mc. Graw Hill, 1979.