

PENGUJIAN ALAT KONVERSI BAN BEKAS MENJADI BAHAN BAKAR

*Imron Aryadi Saputra¹, Arijanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: aryadiimron@gmail.com

Abstrak

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi *thermal* material organik pada suasana *inert* (tanpa kehadiran oksigen) dan suhu tinggi sehingga terurai menjadi molekul yang lebih kecil. Pirolisis merupakan bentuk penghematan energi karena dapat menyuling bahan bakar atau bahan kimia yang berguna dari limbah padat. Produk pirolisis berupa gas, cair dan padat. Tujuan penelitian ini yaitu untuk menguji alat konversi ban bekas menjadi bahan bakar, mengetahui jumlah minyak yang dihasilkan pada proses pirolisis dengan metode *counter flow* dan *parallel flow*, mengetahui nilai kalor yang dihasilkan pada proses pirolisis dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* dan mengetahui kualitas minyak pirolisis dari limbah ban bekas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat pirolisis yang terdiri dari reaktor, pipa distribusi, dan kondensor. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan proses pirolisis menggunakan 1 *burner* selama 60 menit dengan metode pendinginan *counter flow* dan *parallel flow*. Pada pengujian alat pirolisis ini diperoleh data massa bahan bakar sebesar 42 gr yang digunakan untuk membakar ban bekas sebesar 1000 gr, sehingga menghasilkan minyak pirolisis sebesar 165 gr (*counter flow*) dan 154 gr (*parallel flow*). Metode *counter flow* dapat menyerap kalor sebesar 1177,65 kJ dan hilang pada gas sebesar 505,62 kJ, sedangkan *parallel flow* hanya menyerap kalor sebesar 1135,52 kJ dan hilang pada gas sebesar 577,16 kJ.

Kata Kunci : pirolisis, ban bekas, nilai kalor

Abstract

Pyrolysis can be defined as thermal decomposition of organic material in an inert atmosphere (without the presence of oxygen) and high temperatures that break down into smaller molecules. Pyrolysis is a form of energy savings because it can refine fuel or useful chemicals from solid wastes. Pyrolysis products are in the form of gas, liquid and solid. The purpose of this research is to test the processing tool to convert waste tires into fuel, knowing the amount of oil produced in the pyrolysis process by the method of counter flow and parallel flow, know the calorific value generated in the pyrolysis process by the method of counter flow and parallel flow and know the quality of pyrolysis oil from waste tires. The study was conducted by using a pyrolysis tool consisting of a reactor, pipes distribution, and condenser. The method used in this research is to perform pyrolysis process uses 1 burner for 60 minutes with cooling method counter flow and parallel flow. In testing this pyrolysis tool, data obtained by the mass of fuel by 42 gr used for burning waste tires of 1000 gr, so as to produce pyrolysis oil by 165 gr (counter flow) and 154 gr (parallel flow). Counter flow method can absorb the heat of 1177,65 kJ and lost on gas amounted to 505,62 kJ, whereas only parallel flow amounted to 1135,52 kJ of heat absorbing and lost on gas amounted to 577,16 kJ.

Keywords: *pyrolysis, waste tires, counter flow, parallel flow*

1. Pendahuluan

Meningkatnya jumlah kendaraan ini berdampak pada peningkatan produksi ban yang merupakan salah satu komponen penting suatu kendaraan bermotor. Dengan bertambahnya produksi ban baru maka ban lama yang sudah tidak layak akan dibuang dan menumpuk menjadi sampah. Kesulitan mendaur ulang ban karet disebabkan oleh komponen penyusun ban karet yang merupakan hasil dari polimerisasi material penyusunnya [1].

Pirolisis dapat didefinisikan sebagai dekomposisi *thermal* material organik pada suasana *inert* (tanpa kehadiran oksigen) pada suhu tinggi dan terurai menjadi molekul yang lebih kecil. Produk pirolisis berupa gas, cair dan padat (*char*) [2]. Dengan adanya proses pirolisis ini maka sampah dari ban-ban yang tidak terpakai dapat dikurangi. Produk yang dihasilkan tersebut dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar, mengingat kebutuhan bahan bakar minyak bumi di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan [3].

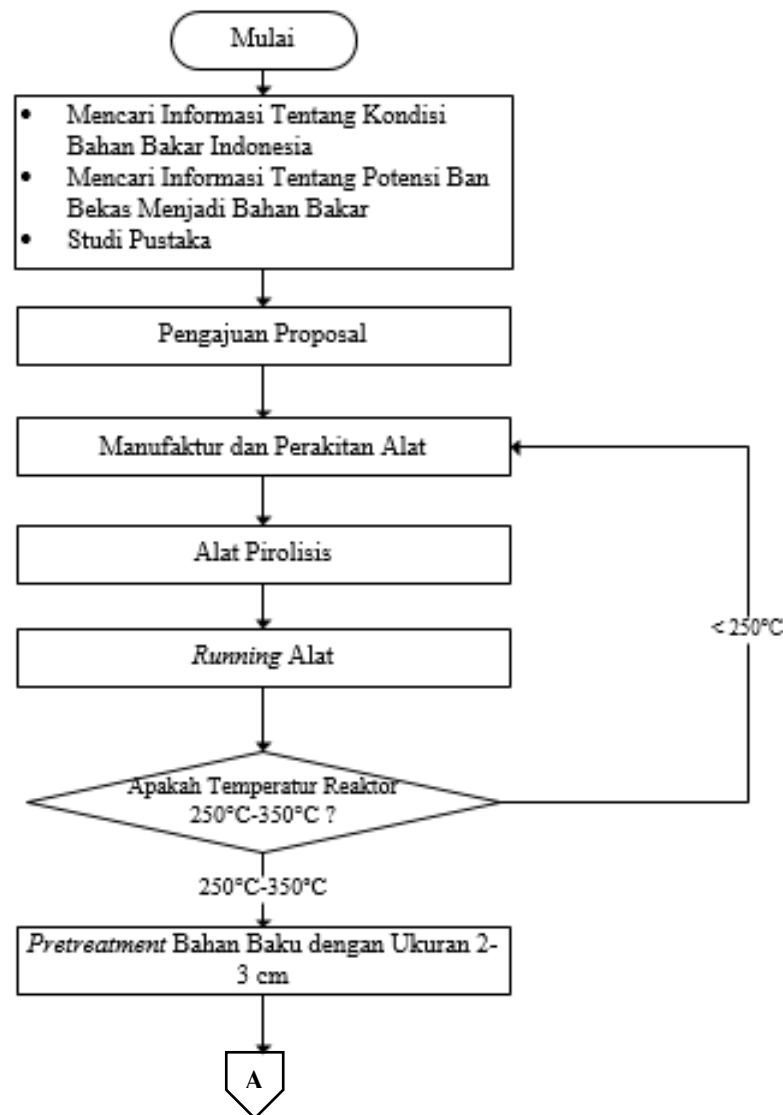
Juan F. Gonzalez dkk pada penelitiannya menggunakan reaktor tipe *fix bed* dan dialiri gas *inert* nitrogen menunjukkan hasil minyak pirolisis pada suhu 350°C sebesar 18,1 wt% [4]. Pada penelitian lain yang dilakukan oleh

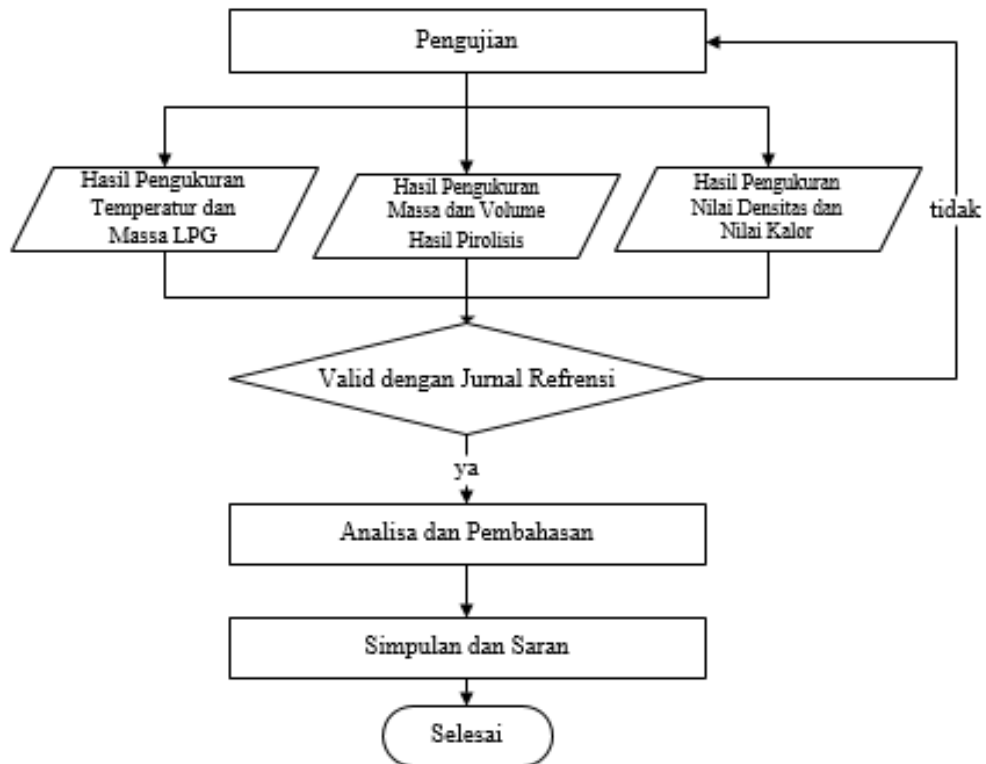
M.D Nurul Islam dkk dengan menggunakan reaktor tipe *fix bed* dan juga dialiri gas *inert* nitrogen pada temperatur mulai dari 350-550⁰C mendapatkan hasil minyak pirolisis sebesar 30 wt% [5]. Penelitian terakhir yaitu oleh C.Diez dkk menunjukkan hasil minyak sebesar 30 wt % pada suhu 350⁰C dengan penggunaan gas *inert* helium [6].

Tujuan penelitian ini adalah menguji alat konversi ban bekas menjadi bahan bakar alternatif dengan tipe *fix bed reactor* dan dua kondensor, mengetahui jumlah minyak yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* pada kondenser, mengetahui nilai kalor yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* dan *parallel flow* pada kondenser.

2. Manufaktur dan Pembuatan Alat Pirolisis Ban Bekas

2.1 Diagr Alir



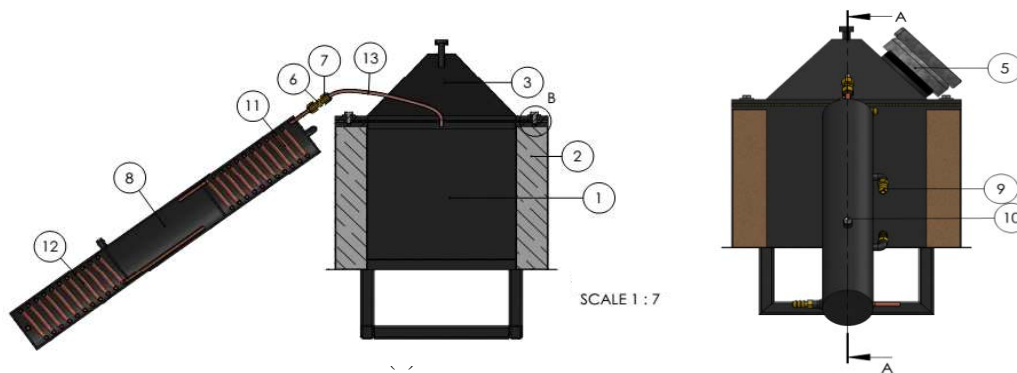


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Alat Pirolisis

Tahapan awal untuk melakukan penelitian ini adalah mencari data pustaka sebagai dasar desain alat pirolisis, kemudian pengujian alat pirolisis dengan bahan baku ban bekas 1000 gr. Hasil dari pengujian yaitu diperoleh data massa LPG yang digunakan, massa minyak pirolisis, energi kalor selama pirolisis.

2.2 Desain Alat Pirolisis Ban bekas

Pirolisator merupakan unit reaktor untuk memproduksi gas asap cair, dengan prinsip kerja utama adalah megubah fase gas asap yang dihasilkan dari pembakaran biomassa menjadi fase cair asap tersebut. Pirolisator didesain *fix bed* karena bertujuan untuk penelitian skala kecil, memiliki tiga komponen utama yaitu reaktor, pipa distribusi, dan kondensor seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Selain 3 bagian utama, bagian – bagian lain dari pirolisator ini ditunjukkan pada Tabel 1.



Gambar 2. (a) Tampak Kiri (b) Tampak Depan

Tabel 1. Spesifikasi Pirolisator

| Nomor Bagian | Keterangan |
|--------------|----------------|
| 1 | Reaktor |
| 2 | Bata tahan api |

- 3 Kubah reaktor
- 5 Penutup reaktor
- 6 Double nipple
- 7 Pipe fitting nut
- 8 Kondenser
- 9 Hose nipple
- 10 Pipe dop
- 11 Pipa tembaga spiral kondenser 1
- 12 Pipa tembaga spiral kondenser 2
- 13 Pipa distribusi

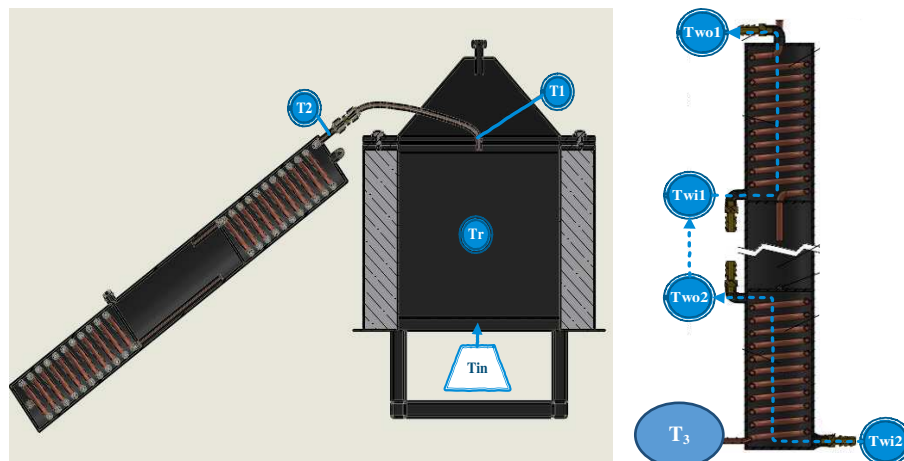
2.3 Data Pengukuran

Pada proses pirolisis pada pengujian ini diperoleh data temperatur dan massa penggunaan bahan bakar LPG. Selain itu, data massa dan volume hasil minyak pirolisis diperoleh setelah pengujian dan massa air pendingin selama proses pirolisis. Massa bahan bakar LPG yang digunakan sebesar 42 gr dan laju massa air pendingin pada kondenser sebesar 1,4 gr/s. Pengujian ini dilakukan selama 1 jam atau 60 menit sehingga massa air pendinginan yang digunakan sebesar 5,04 kg. Massa air pendingin yang digunakan selama proses pengujian didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$m_{\text{air pendinginan}} = \text{laju massa} \times \text{durasi waktu} \quad (1)$$

a. Counter Flow

Pengukuran temperatur dilakukan sesuai Gambar 3. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kesetimbangan kalor. Hasil pengukuran temperatur ditunjukkan pada Tabel 2.



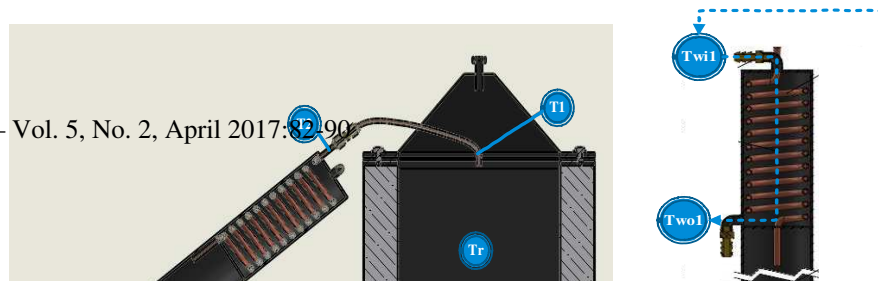
Gambar 3. Poin Pengukuran Temperatur Counter Flow

Tabel 2. Hasil Pengukuran Temperatur Counter Flow

| Parameter | Pengukuran (°C) | | | rata-rata (°C) |
|---------------|-----------------|-------|-------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| T_{in} | 320,4 | 320,3 | 320,5 | 320,4 |
| $T_{reaktor}$ | 312,2 | 312,3 | 312,3 | 312,3 |
| T_1 | 292,4 | 292,2 | 292,2 | 292,3 |
| T_2 | 253,3 | 253,1 | 253,1 | 253,2 |
| $T_{wi1,wo2}$ | 29,2 | 29,3 | 29,3 | 29,3 |
| T_{wo1} | 87,1 | 87,2 | 87,2 | 87,2 |
| T_{wi2} | 27,1 | 27,2 | 27,1 | 27,1 |
| T_3 | 104,2 | 104,3 | 104,2 | 104,35 |

b. Parallel Flow

Pengukuran temperatur dilakukan sesuai Gambar 4. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui kesetimbangan kalor. Hasil pengukuran temperatur ditunjukkan pada Tabel 3.





Gambar 4. Poin Pengukuran Temperatur *Parallel Flow*

Tabel 3. Hasil Pengukuran Temperatur *Parallel Flow*

| Parameter | Pengukuran (°C) | | | rata-rata (°C) |
|---------------|-----------------|-------|-------|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | |
| T_{in} | 330,2 | 330,4 | 330,2 | 330,3 |
| $T_{reaktor}$ | 320,4 | 320,3 | 320,4 | 320,4 |
| T_1 | 288,1 | 288,2 | 288,2 | 288,2 |
| T_2 | 245,3 | 245,4 | 245,3 | 245,3 |
| T_{wi1} | 28,2 | 28,3 | 28,4 | 28,3 |
| $T_{wo1,wi2}$ | 82,2 | 82,1 | 82,2 | 82,2 |
| T_{wo2} | 85,2 | 85,2 | 85,3 | 85,2 |
| T_3 | 115,4 | 115,3 | 115,3 | 115,35 |

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

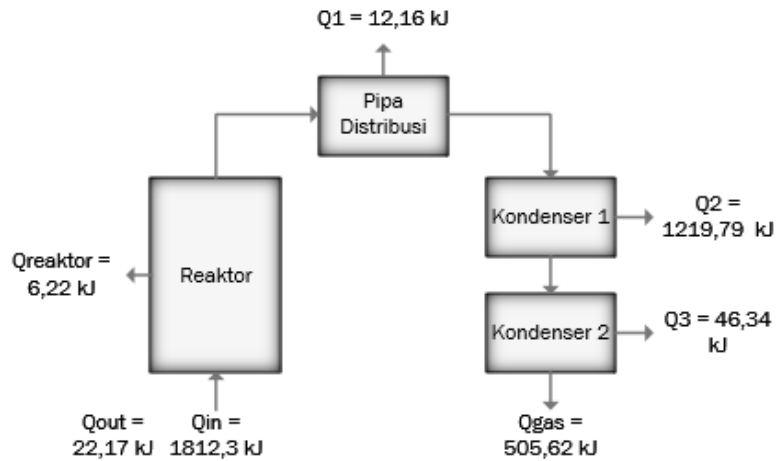
a. *Counter Flow*

Metode pendinginan pada kondenser dengan *counter flow* diperoleh diagr alir proses pirolisis seperti Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Alir Pirolisis dengan Metode *Counter Flow*

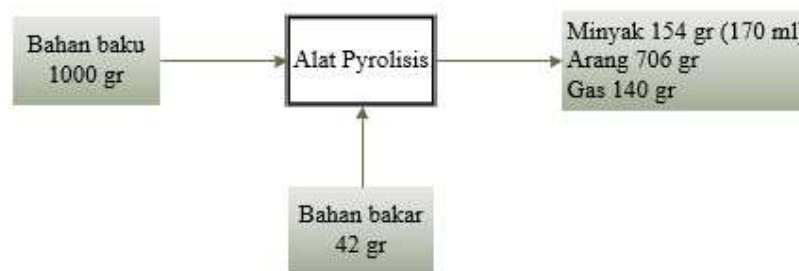
Jika proses pirolisis membutuhkan kalor atau panas sebagai dekomposisi, maka kalor yang masuk harus sebanding dengan kalor yang hilang atau kalor yang diserap pada kondenser seperti Gambar 7.



Gambar 7. Kesenjangan Kalor dengan Metode *Counter Flow*

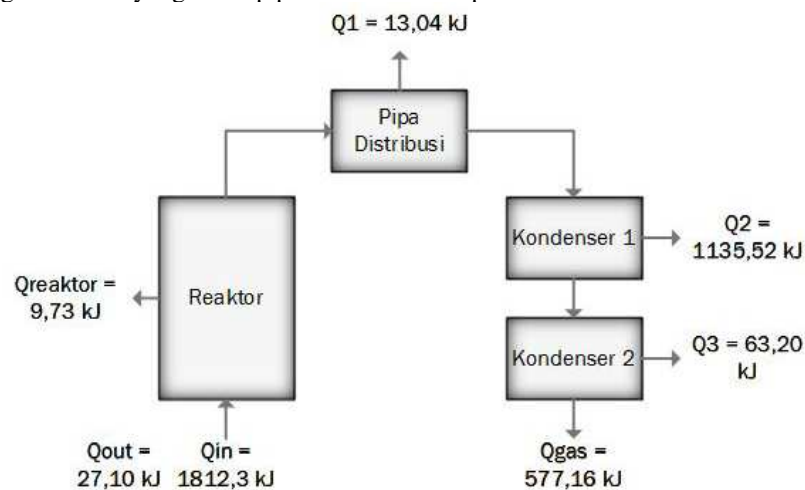
b. *Parallel Flow*

Metode pendinginan pada kondenser dengan *parallel flow* diperoleh diagr alir proses pirolisis seperti Gambar 8.



Gambar 8. Diagram Alir Pirolisis dengan Metode *Parallel Flow*

Jika proses pirolisis membutuhkan kalor atau panas sebagai dekomposisi, maka kalor yang masuk harus sebanding dengan kalor yang hilang atau kalor yang diserap pada kondenser seperti Gambar 9.

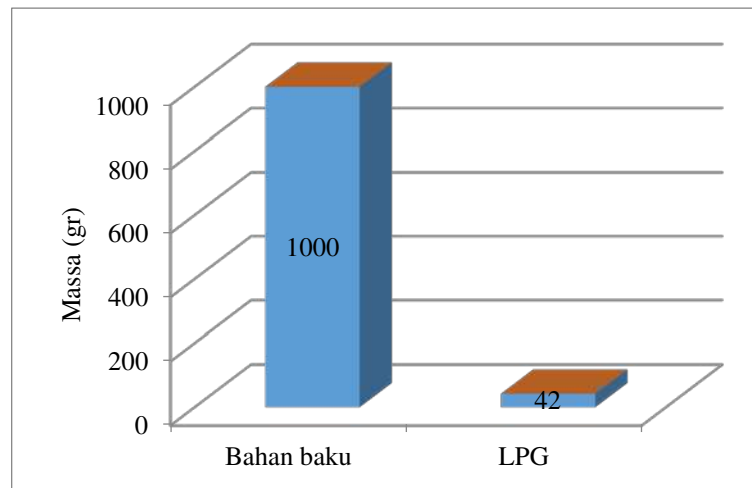


Gambar 9. Kesenjangan Kalor dengan Metode *Parallel Flow*

4.2 Pembahasan

a. Perbandingan Bahan Baku terhadap Bahan Bakar

Proses pirolisis dapat dilakukan jika ada panas yang masuk dalam reaktor, sehingga diperlukan *burner* dengan bahan bakar LPG. Setelah pengujian alat pirolisator, diperoleh massa bahan bakar. Selanjutnya dapat dibandingkan antara massa bahan bakar terhadap massa bahan baku seperti Gambar 10.

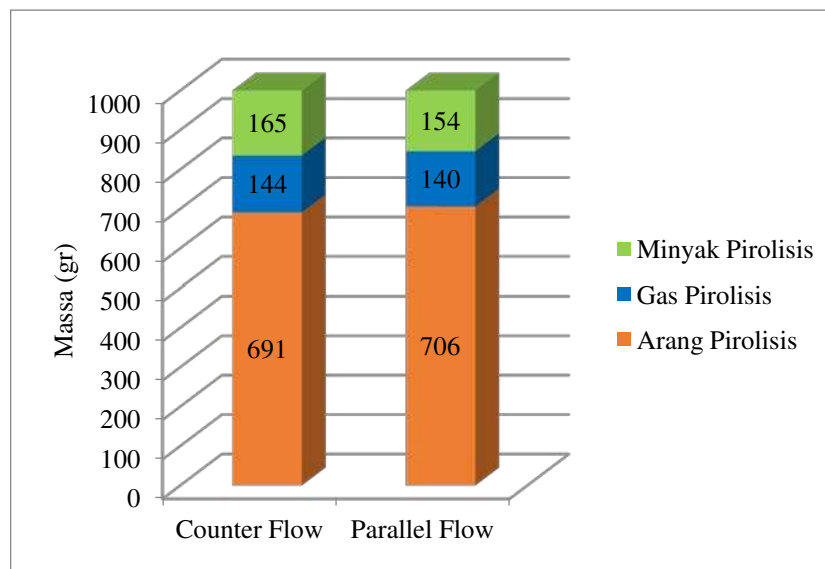


Gambar 10. Diagram Perbandingan Bahan Baku terhadap Bahan Bakar

Pada Gambar 10 dapat diketahui perbandingan massa bahan bakar terhadap massa bahan baku. Bahan bakar gas LPG yang digunakan dalam proses pirolisis memiliki massa 42 gr, sedangkan massa bahan baku berupa tempurung 1000 gr. Jadi dari perbandingan massa bahan bakar terhadap massa bahan baku, diperoleh 1 : 23,81. Jika bahan baku sebanyak 23,81 gr dapat diproses pirolisis dengan menggunakan bahan bakar gas LPG sebanyak 1 gr.

b. Perbandingan Hasil Pirolisis *Counter-Parallel Flow*

Proses pirolisis ban bekas dengan menggunakan panas dari pembakaran bahan bakar gas LPG, akan terjadi dekomposisi yang menghasilkan minyak pirolisis, gas pirolisis dan arang pirolisis. Perbedaan hasil proses pirolisis ban bekas sebesar 1000 gr dengan dua metode pendinginan pada kondenser berupa *counter flow* dan *parallel flow* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Perbandingan Hasil Pirolisis *Counter-Parallel Flow*

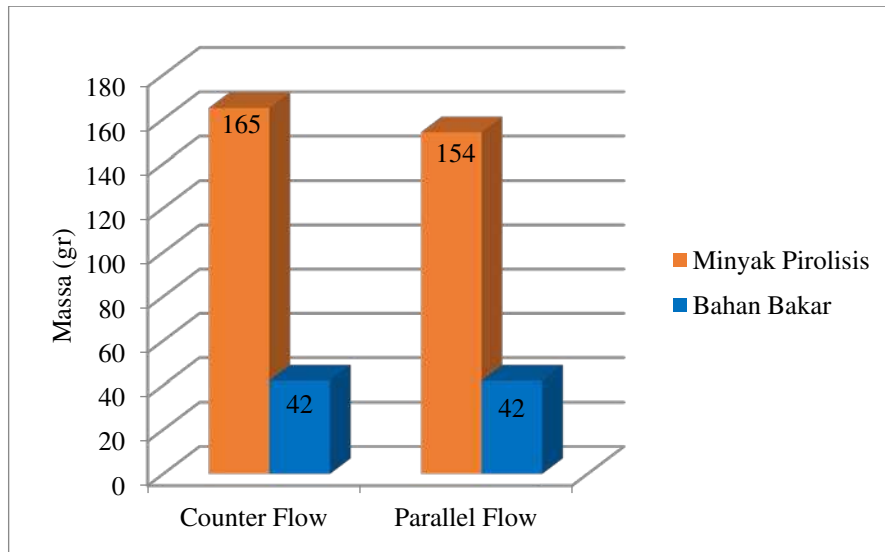
. Metode pendinginan *counter flow* menghasilkan minyak pirolisis yang lebih banyak 165 gr, dibandingkan dengan metode pendinginan *parallel flow* menghasilkan minyak pirolisis 154 gr. Gas yang dihasilkan pada metode pendinginan *counter flow* lebih banyak yaitu 144 gr, dibandingkan dengan metode pendinginan *parallel flow* menghasilkan gas pirolisis sebesar 140 gr. Perbandingan terbalik terjadi pada jumlah arang, arang yang terbentuk pada *parallel flow* lebih banyak yaitu 706 gr sedangkan pada *counter flow* yaitu 691 gr.

c. Perbandingan Bahan Bakar terhadap Hasil Minyak Pirolisis

Bahan baku ban bekas dengan menggunakan panas dari pembakaran bahan bakar gas LPG, akan terjadi dekomposisi *thermal* yang menghasilkan hasil utama berupa minyak pirolisis seperti Gambar 12.

Pada Gambar 12 dapat diketahui perbedaan hasil proses ban bekas sebesar 1000 gr dengan dua metode pendinginan pada kondenser berupa *counter flow* dan *parallel flow*. Metode pendinginan *counter flow* menghasilkan

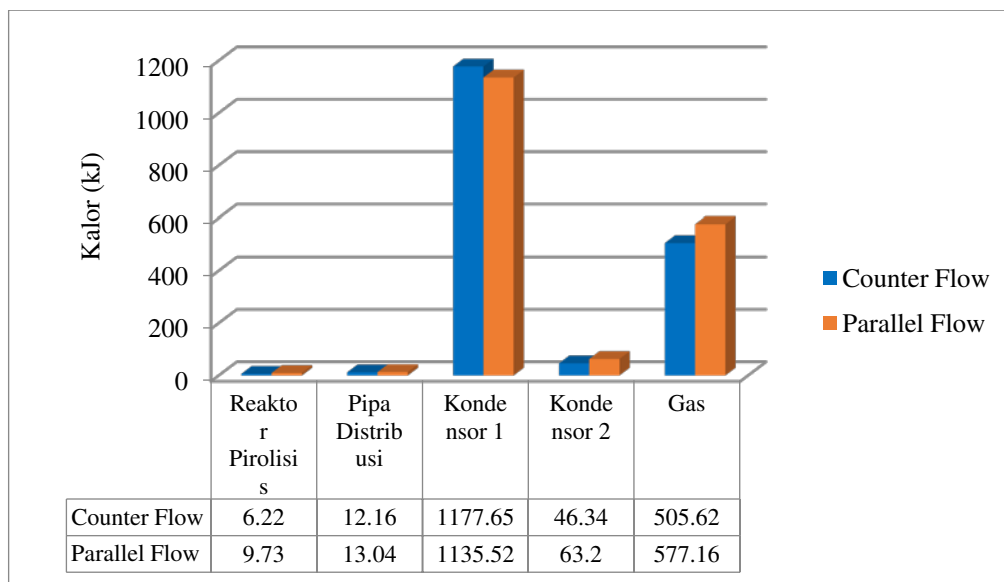
minyak pirolisis yang lebih banyak 165 gr, dibandingkan dengan metode pendinginan *parallel flow* menghasilkan minyak pirolisis 154. Bahan bakar gas LPG yang digunakan untuk proses pirolisis ban bekas sebesar 42 gr. Jadi perbandingan antara bahan bakar terhadap hasil minyak pirolisis yaitu 1 : 3,92 (metode *counter flow*) dan 1 : 3,66. Jika bahan bakar sebanyak 1 gr dapat menghasilkan kalor untuk proses pirolisis ban bekas, akan memperoleh hasil minyak pirolisis sebanyak 3,92 gr (metode *counter flow*) dan 3,66 gr (metode *parallel flow*).



Gambar 12. Diagram Perbandingan Bahan Bakar terhadap Hasil Minyak Pirolisis

d. Perbandingan Nilai Kalor *Counter-Parallel Flow*

Proses pirolisis ban bekas dengan menggunakan panas dari pembakaran bahan bakar gas LPG, sehingga kalor ada yang diserap dalam proses dekomposisi atau keluar menjadi *heatloss*. Nilai kalor terbesar terjadi pada kondenser 1, berarti perpindahan panas atau kalor banyak terjadi di kondenser 1 karena adanya kontak langsung antara fluida dingin dengan fluida panas yang sudah turun temperaturnya. Berbeda dengan kondenser 2, nilai kalor lebih sedikit karena uap minyak yang terkondensasi pada kondenser 1. Selain itu, pada kondenser 2 tidak terjadi perpindahan panas atau kalor sebanyak kondenser 1, sehingga kalor atau panas banyak terbuang melalui gas.



Gambar 13. Diagram Perbandingan Nilai Kalor *Counter-Parallel Flow*

Pada alat pirolisis ini terjadi kehilangan panas yang terjadi pada reaktor dan pipa distribusi. Kehilangan reaktor pada reaktor lebih kecil daripada pipa distribusi. Hal ini disebabkan penggunaan bata tahan api untuk mengurangi *heat loss*. Pada kondenser 1, metode *counter flow* sebesar 1177,65 kJ lebih efektif dengan ditandai dengan penyerpan kalor atau panas yang lebih banyak dari pada *parallel flow* sebesar 1135,52 kJ. Sedangkan kalor yang terbuang melalui gas, lebih besar pada metode *parallel flow* sebesar 577,16 kJ dari pada *counter flow* sebesar 505,62 kJ. Jadi perpindahan

panas atau kalor yang efektif yaitu *counter flow* dari pada *parallel flow*. Perbandingan nilai kalor untuk metode counter flow dan parallel flow ditunjukkan pada Gambar 13.

5. Kesimpulan

Hasil Penelitian pirolisis ban bekas yaitu rancang alat konversi ban bekas menjadi bahan bakar alternatif yang efisien yaitu menggunakan reaktor yang tertutup dan tidak ada kebocoran tekanan dan temperatur, menggunakan kondensor shell and tube berupa spiral, dan metode pendinginan dengan *counter flow*, jumlah minyak yang dihasilkan pada proses *pyrolysis* dengan metode *counter flow* sebesar 165gr lebih banyak dari pada *parallel flow* sebesar 154 gr, metode *counter flow* dapat menyerap kalor sebesar 1177,65 kJ dan hilang pada uap gas sebesar 505,62 kJ lebih efektif dari pada *parallel flow* hanya menyerap kalor sebesar 1135,52 kJ dan hilang pada uap gas sebesar 577,16 kJ.

Daftar Pustaka

- [1] M.Suhanya, M.Thirumarimurugan, dan T.Kannadasan, "Recovery of Oil From Waste Tyres Using Pyrolysis Method: A Review," *International Journal of Research in Engineering & Technology (IJRET)*, vol. 1, 2013.
- [2] Y. M. Chang, "On pyrolysis of waste tire: degradation rate and product yields", *Resources, Conservation and Recycling*, 125-139,1996
- [3] P.Kuncahyo, M.A.Zuhdi, dan S.Fathallah "Analisa Prediksi Potensi Bahan Baku Biodiesel sebagai Suplemen Bahan Bakar Motor Diesel di Indonesia," *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 2, 2013.
- [4] Md. Nurul Islam, "Fixed Bed Pyrolysis of Scrap Tyre," *International Energy Journal*, vol. 5, no. 1, pp. 11-18, 2004.
- [5] J. F. Gonzalez, "Pyrolysis of automobile tyre waste. Influence of operating variables and kinetics study," *Journal of Analytical and Applied of Pyrolysis*, Vol. 1 dari 2667-683, pp. 58-59, 2000.
- [6] C. Diez, "Pyrolysis of tyres. Influence of the final temperature of the process," *waste management*, vol. 24, pp. 463-469, 2003.