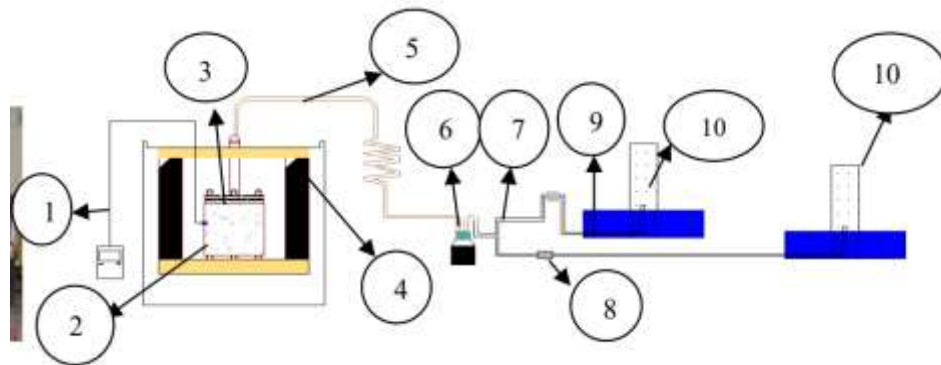


BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

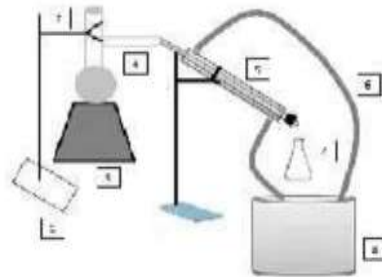
Putra dkk. (2016) berfokus pada perancangan alat pengolah limbah ban melalui proses pirolisis. Penelitian tersebut menggunakan tiga variasi temperatur, yaitu 350°C, 550°C, dan 750°C. Rancangan alat terdiri atas sepuluh komponen utama, meliputi thermocouple, tungku, reaktor, pemanas, kondensor, wadah penampung minyak, pipa penyalur gas, katup, bak air, dan bak penampung gas. Berdasarkan hasil penelitian, proses pirolisis mampu menghasilkan tiga jenis produk secara bersamaan, yaitu gas, minyak pirolisis (produk cair), dan residu padat. Selain itu, proses tersebut dinyatakan tidak menghasilkan limbah atau polusi yang signifikan..



Gambar 2. 1 Skema Alat Penelitian
Sumber: Putra dkk. (2016)

Arita dkk. (2015) telah melakukan penelitian tentang perancangan alat pengolah limbah ban menjadi bahan bakar alternatif. Dalam penelitian ini merancang sistem pengolahan dengan dimensi limbah ban yang telah di potong-potong menjadi ukuran 0,5 x 0,5 cm. Penelitian ini menggunakan 10 bagian komponen yang menunjang proses kinerja alat tersebut meliputi kompor, tungku pembakaran, termokopel, kondensor, selang penghubung, erlenmeyer, penampung kondensat, statif, dan klem yang dirangkai menjadi satu sistem pirolisis. Dengan adanya penelitian ini, peneliti kesimpulan mengenai pada pemanasnya yang dimana

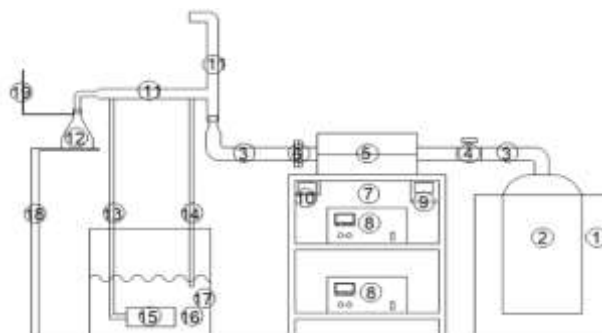
pemanas yang digunakan yaitu kompor konvensional. Dengan menggunakan kompor konvensional akan menimbulkan asap yang dapat menyebabkan polusi udara.



Gambar 2. 2 Skema Alat Destilasi Bahan Bakar Karet Baan Bekas

Sumber: Arita dkk. (2015)

Arahim dkk. (2020) telah melakukan analisis mengenai pengaruh katalis genteng tanah liat terhadap hasil produksi bahan bakar cair yang diperoleh dari limbah ban bekas melalui proses pirolisis. Penelitian tersebut bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan katalis dibandingkan dengan proses tanpa katalis pada pirolisis limbah ban bekas. Bahan baku yang digunakan berupa ban dalam sepeda motor. Sebelum proses pirolisis dilakukan, ban dipotong menjadi ukuran sekitar 0,5–1 cm, kemudian dicuci dan dikeringkan. Katalis yang berasal dari genteng tanah liat juga dipersiapkan dengan cara dipecah hingga berukuran 0,5–1 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa genteng tanah liat berpotensi digunakan sebagai katalis karena mengandung silika dan alumina yang dapat mempercepat laju reaksi serta meningkatkan proses kondensasi gas menjadi produk cair (*yield*). Selain itu, produk pirolisis didominasi oleh fraksi bensin dengan persentase sebesar 80,94%.

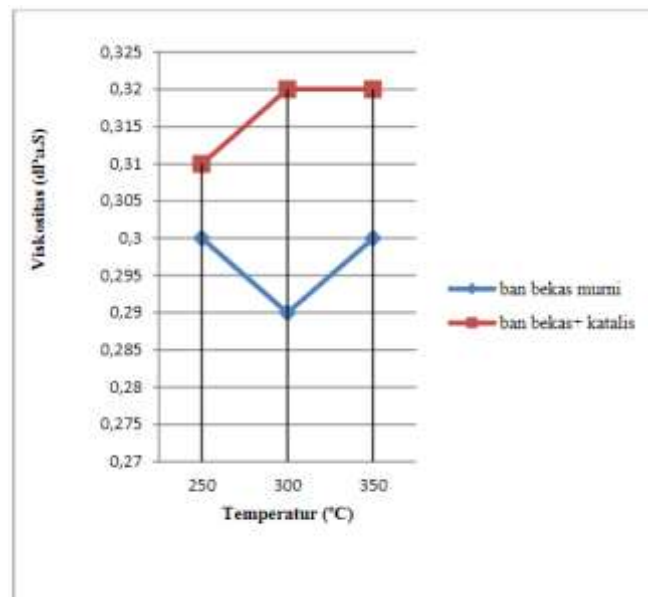


Gambar 2. 3 Alat Pirolisis

Sumber: Arahim dkk. (2020)

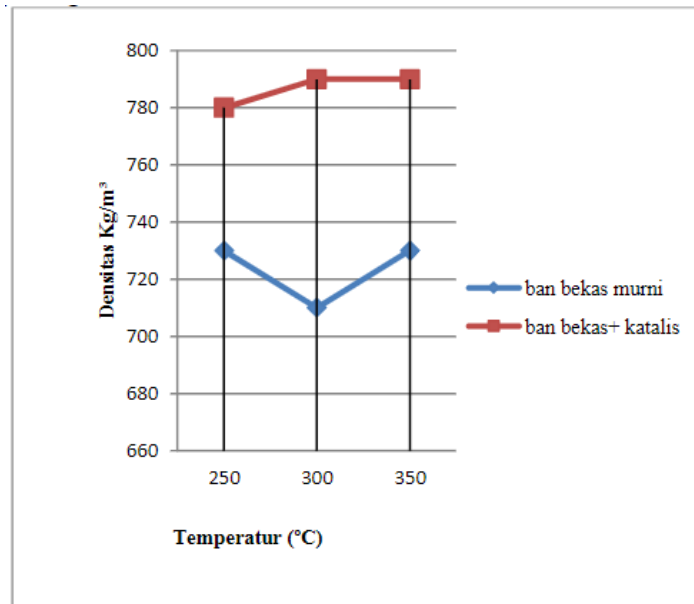
Mahmudi dan Mukaromah. (2018) tersebut mengkaji pengaruh variasi temperatur terhadap hasil pirolisis limbah ban bekas. Tujuan penelitian adalah mengetahui perubahan hasil pirolisis pada setiap variasi suhu serta pengaruh penggunaan katalis terhadap produk yang dihasilkan. Penelitian menggunakan metode *true experimental research* dengan variasi temperatur 250°C, 300°C, dan 350°C sebagai variabel bebas. Adapun variabel terikat yang diamati meliputi karakteristik produk cair, yaitu viskositas, densitas, dan *flash point*..

Dalam penelitiannya penulis menggunakan katalis berupa batu zeolit alam yang mana pada pernyataan nya katalis ini efektif dan mudah ditemukan dipasaran. Pada penelitian ini terdapat beberapa kesimpulan diataranya yaitu hasil cair terbanyak pada ban bekas murni temperatur 350°C yaitu 190 ml sedangkan dalam penggunaan katalis zeolit alam memberikan hasil yang paling optimal pada temperatur 350°C dengan volume produk cair mencapai 165 mL. Setiap variasi temperatur juga menghasilkan karakteristik bahan bakar cair yang berbeda.



Gambar 2. 4 Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas

Sumber: Mahmudi dan Mukaromah. (2018)



Gambar 2. 5 Pengaruh Temperatur Terhadap Desnsitas

Sumber: Mahmudi dan Mukaromah. (2018)

Sahraeni dkk. (2022) telah mengkaji pengolahan minyak hasil pirolisis ban sepeda motor bekas melalui proses pirolisis katalitik dengan memanfaatkan zeolit alam teraktivasi sebagai katalis. Penelitian tersebut menggunakan pendekatan analisis kuantitatif dan kualitatif untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu terhadap rendemen serta kualitas minyak pirolisis yang dihasilkan. Parameter yang dianalisis meliputi densitas, viskositas, angka oktan, dan komposisi senyawa penyusun produk cair. Berdasarkan hasil penelitian, kondisi optimum diperoleh pada temperatur 450°C dengan rendemen minyak sebesar 66,20%. Produk yang dihasilkan memiliki densitas 0,853 g/mL, viskositas 1,0589 cSt, angka oktan sebesar 99,2, serta didominasi oleh senyawa hidrokarbon rantai C5–C10 yang termasuk dalam fraksi bensin dengan persentase mencapai 74,83%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pirolisis

Menurut buku Aladin dkk. (2023) istilah pirolisis berasal dari bahasa Yunani, yaitu *pyro* yang berarti panas dan *lysis* yang berarti penguraian atau dekomposisi. Proses pirolisis didefinisikan sebagai proses degradasi atau penguraian senyawa-senyawa makromolekul berbasis karbon dengan pemanasan suhu tinggi (300°C

atau lebih) tanpa oksigen untuk menghasilkan *charcoal* (arang terkarbonisasi), gas/uap, cairan tar (oil). Manfaat terbesar dalam proses pirolisis yaitu aplikasi dalam konversi dan penyediaan energi, menarik bahan-bahan limbah seperti limbah ban, limbah sampah berbasis karbon yang tidak memiliki nilai ekonomi bahkan menjadi perusak estetika lingkungan, dengan penerapan teknologi pirolisis ini dapat diubah menjadi sumber energi yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Berdasarkan laju pemanasan, pirolisis juga dibagi menjadi 3 jenis diantaranya yaitu:

1) Pirolisis Lambat (*slow pyrolysis*)

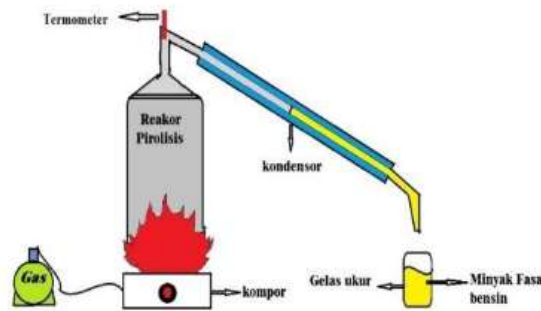
Proses pirolisis lambat ini dilakukan pada laju pemanasan lambat ($<50^{\circ}\text{C}/\text{menit}$) atau sekitar 0,1-1 K/detik dan suhu yang digunakan relatif rendah ($300\text{-}600^{\circ}\text{C}$). Waktu tinggal bahan dalam reaktor (450-550 detik) dengan produk utama char atau charcoal sekitar 35% dan gas sekitar 35-40%.

2) Pirolisis Cepat (*fast pyrolysis*)

Proses pirolisis cepat ini dilakukan pada laju pemanasan cepat ($50\text{-}200^{\circ}\text{C}/\text{detik}$), suhu yang digunakan relatif sedang ($500\text{-}600^{\circ}\text{C}$), waktu tinggal bahan dalam reaktor 0,5-10 detik dan ukuran partikel dibawah 1 mm dengan produk utama yang dihasilkan adalah oil atau bio-oil 50-70% kemudian gas 30%. Proses pirolisis cepat ini sangat disarankan untuk sasaran produk minyak *bio-oil*.

3) Pirolisis Kilat (*flash pyrolysis*)

Proses pirolisis cepat ini dilakukan pada laju pemanasan sangat cepat ($<200^{\circ}\text{C}/\text{detik}$) dengan suhu pemanasan sangat tinggi diatas 700°C , waktu tinggal bahan dalam rektor selama 0,5 detik dan ukuran partikel yang digunakan sangat kecil sekitar 105-250 μm atau dibawah 0.2 mm. Produk utama oil atau bio-oil mencapai 70-75%. Dari dua jenis pirolisis yaitu pirolisis cepat dan pirolis kilat, reaktor pirolisis sudah dikondisikan terlebih dahulu mencapai suhu target, seperti pada suhu $700\text{-}800^{\circ}\text{C}$, lalu bahan berbasis karbon dimasukkan kedalam reaktor tersebut.



Gambar 2. 6 Proses Pirolisis dan Destilasi Sederhana
Sumber: Rangkuti dkk. (2019)

2.2.2 Limbah Ban Vulkanisir

Limbah ban vulkanisir merupakan ban yang sudah tidak dapat digunakan kembali karena mengalami keausan, kerusakan, atau telah melewati masa pakainya. Seiring dengan meningkatkan jumlah kendaraan bermotor, jumlah limbah ban yang dihasilkan juga terus bertambah setiap tahunnya. Kondisi tersebut menjadi salah satu permasalahan lingkungan karena limbah ban tidak mudah terurai secara alami. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ban dapat menumpuk di lingkungan dan berpotensi menimbulkan pencemaran serta mengganggu estetika lingkungan.

Ban vulkanisir memiliki karakteristik yang berbeda dengan bahan limbah organik pada umumnya. Ban dibuat melalui proses vulkanisir, yaitu proses pemanasan karet dengan penambahan sulfur sehingga terbentuk ikatan silang antar rantai polimer. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kekuatan mekanik, elastisitas, ketahanan terhadap gesekan, serta umur pakai ban.



Gambar 2. 7 Ban Vulkanisir
Sumber : Dokumen Pribadi

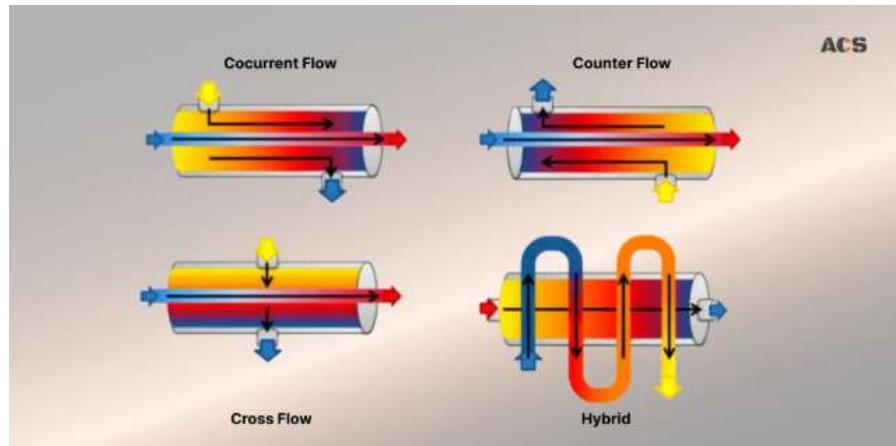
Selain memiliki kekuatan mekanik yang tinggi, limbah ban juga mengandung senyawa hidrokarbon dalam jumlah yang cukup besar. Kandungan tersebut menyebabkan limbah ban memiliki nilai kalor yang relatif tinggi sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif. Salah satu metode yang banyak digunakan untuk memanfaatkan limbah ban adalah proses pirolisis. Melalui proses ini, rantai polimer penyusun ban akan terurai akibat pemanasan pada temperatur tinggi tanpa adanya oksigen sehingga menghasilkan produk berupa minyak pirolisis, gas yang tidak terkondensasi, dan residu padat berupa *char*.

Berdasarkan karakteristik tersebut, limbah ban vulkanisir memiliki potensi yang baik sebagai bahan baku dalam proses pirolisis. Kandungan hidrokarbon yang tinggi memungkinkan limbah ban dikonversi menjadi minyak pirolisis yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan limbah ban vulkanisir sebagai bahan baku untuk menganalisis pengaruh temperatur reaktor dan debit air pendingin terhadap jumlah minyak yang dihasilkan selama proses pirolisis.

2.2.3 Heat Exchanger

Perpindahan panas adalah ilmu yang digunakan untuk memperkirakan perpindahan energi yang mungkin terjadi antara fluida yang disebabkan karena adanya perbedaan suhu. Menurut Alidifan dkk. (2024) *Heat exchanger* merupakan suatu peralatan yang dirancang untuk memindahkan energi panas dari fluida bertemperatur tinggi ke fluida bertemperatur lebih rendah, baik melalui kontak tidak langsung yang dipisahkan oleh dinding penghantar maupun melalui kontak langsung pada jenis tertentu. Peralatan ini banyak digunakan pada berbagai sektor industri karena berperan penting dalam mendukung proses produksi yang melibatkan pemanasan maupun pendinginan fluida. Perpindahan panas sendiri merupakan ilmu yang mempelajari mekanisme dan laju perpindahan energi panas yang terjadi akibat adanya perbedaan temperatur antara dua media. Besarnya perpindahan panas dipengaruhi oleh perbedaan suhu, luas bidang perpindahan panas, sifat material, serta kondisi aliran fluida yang terlibat dalam proses tersebut.

1) Klasifikasi Heat Exchanger



Gambar 2. 8 Klasifikasi Heat Exchanger

Sumber : [https://cdn.prod.website-](https://cdn.prod.website-files.com/6215eff0aa650a4cc128fae3/664a3a105e34a7d99852813e_Heat%20Exc)

[files.com/6215eff0aa650a4cc128fae3/664a3a105e34a7d99852813e_Heat%20Exc_hanger%20Flow.webp](https://cdn.prod.website-files.com/6215eff0aa650a4cc128fae3/664a3a105e34a7d99852813e_Heat%20Exc_hanger%20Flow.webp)

a. Counter Flow

Konfigurasi counter flow merupakan sistem aliran yang mana fluida dingin serta panas bergerak sejajar dengan arah yang berlawanan. Kondisi ini memungkinkan perbedaan temperatur antara kedua fluida tetap terjaga sepanjang proses perpindahan panas, sehingga meningkatkan jumlah kalor yang dipindahkan. Karena memiliki efektifitas perpindahan panas yang tinggi, konfigurasi ini banyak digunakan pada boiler, kondensor, maupun berbagai jenis alat penukar panas lainnya.

b. Cocurrent Flow

Pada heat exchanger dengan konfigurasi co-current flow (*parallel flow*), fluida dingin dan fluida panas mengalir sejajar dengan arah aliran yang sama. Dibandingkan dengan konfigurasi counter flow, sistem ini memiliki efektifitas perpindahan panas yang lebih rendah karena perbedaan temperatur antara kedua fluida akan semakin kecil sepanjang proses pertukaran kalor berlangsung. Meskipun demikian, konfigurasi co-counter flow mampu menghasilkan distribusi temperatur dingin yang lebih seragam. Oleh karena itu, jenis aliran ini umumnya digunakan pada aplikasi yang

tidak memerlukan perpindahan panas dalam jumlah besar atau ketika konstruksi alat yang lebih sederhana menjadi pertimbangan utama.

c. Cross Flow

Pada konfigurasi cross flow, fluida dingin dan fluida panas mengalir dengan gerakan sama-sama 90° . Efektifitas perpindahan panas nya umumnya lebih rendah dibandingkan counter flow, namun konfigurasi ini sesuai untuk aplikasi yang menggunakan udara atau gas sebagai salah satu fluida. Cross flow banyak diterapkan pada radiator kendaraan, penukar kalor antara udara dan cairan serta sistem HVAC.

d. Hybrid

Merupakan kombinasi beberapa pola aliran, seperti *counter flow*, *parallel flow (cocurrent)*, dan *cross flow*, dalam satu unit *heat exchanger*, atau menggunakan sistem aliran bertingkat (*multi-pass flow*). Konfigurasi ini umumnya diterapkan pada aplikasi khusus yang membutuhkan efisiensi perpindahan kalor tinggi serta fleksibilitas dalam perancangan, seperti pada berbagai industri yang kompleks.

2) Metode Transfer Panas

Berdasarkan mekanisme perpindahan panasnya, *heat exchanger* dibedakan mejadi dua jenis, yaitu tipe kontak langsung (*direct contact*) dan tipe kontak tidak langsung (*indirect contact*).

Penjelasan masing-masing tipe disajikan sebagai berikut:

a. Direct Heat Exchanger

Pada direct heat exchanger, perpindahan panas terjadi melalui kontak langsung antara fluida panas dan fluida dingin. Oleh karena itu, kedua fluida harus memiliki sifat yang saling kompatibel agar proses pertukaran panas dapat berlangsung dengan baik. Konfigurasi ini umumnya digunakan pada cooling tower, terjadi ketika air panas didinginkan melalui kontak langsung dengan aliran udara.

b. Indirect Heat Exchanger

Pada *indirect heat exchanger*, fluida panas dan fluida dingin dipisahkan oleh dinding penghantar panas sehingga perpindahan kalor berlangsung tanpa terjadi kontak atau pencampuran antara kedua fluida. Konfigurasi ini

banyak digunakan pada radiator kendaraan, di mana panas dari air pendingin dipindahkan ke udara melalui dinding pipa. Meskipun lebih aman karena kedua fluida tidak bercampur, efektivitas perpindahan panasnya dapat berkurang akibat adanya hambatan termal pada dinding pemisah.

2.2.4 Air Sebagai Fluida Pendingin

Menurut Putra & Barat. (2017) air merupakan media pendingin dalam proses perpindahan panas yang berlangsung di dalam *heat exchanger*. Hal ini disebabkan air memiliki kalor jenis yang tinggi, mudah diperoleh, tidak beracun, tidak mudah terbakar, serta memiliki biaya operasional yang relatif rendah. Selain itu, air memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap dan melepaskan kalor sehingga sangat efektif digunakan sebagai media perpindahan panas.

Pada penelitian ini, air digunakan sebagai fluida pendingin pada kondensor untuk menyerap kalor dari uap hasil pirolisis ban vulkanisir. Kalor yang diserap oleh air menyebabkan temperatur air meningkat dari temperatur masuk menjadi temperatur keluar kondensor. Perubahan temperatur tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menghitung laju perpindahan kalor pada kondensor.

Berikut merupakan sifat-sifat air yang peneliti gunakan dalam penelitian:

1) Massa Jenis Air (ρ)

Massa jenis merupakan perbandingan antara massa suatu zat terhadap volumenya. Semakin tinggi temperatur air, maka massa jenisnya cenderung menurun.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan:

- ρ = massa jenis (kg/m^3)
- m = massa (kg)
- V = volume (m^3)

Menurut hasil penelitian ToolBox, n.d. massa jenis air dipengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur air, maka massa jenisnya cenderung menurun.

Tabel 2. 1 Massa Jenis Air

Temperatur (°C)	Massa Jenis, ρ (kg/m ³)
4	1000.0
20	998.2
25	997.0
30	995.6
40	992.2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pada temperatur 4°C molekul-molekul air tersusun paling rapat sehingga massa jenisnya mencapai sekitar 1000 kg/m³. Namun pada penelitian ini suhu pada proses perpindahan panas berada di suhu 30°C, oleh sebab itu nilai massa jenis yang digunakan adalah 995.6 kg/m³.

2) Kalor Jenis Air (C_p)

Kalor jenis (*specific heat capacity*) merupakan jumlah energi panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 kg suatu zat sebesar 1°C atau 1 K tanpa terjadi perubahan fase. Besarnya kalor jenis menunjukkan kemampuan suatu zat dalam menyerap atau melepaskan energi panas. Semakin besar nilai kalor jenis suatu zat, maka semakin besar pula energi yang diperlukan untuk menaikkan temperaturnya. Menurut penelitian ToolBox, n.d. kalor jenis air relatif konstan pada rentang temperatur 20–40°C, yaitu sekitar 4,18 kJ/kg·K atau 4180 J/kg·K.

2.2.5 Laju Perpindahan Kalor

Laju perpindahan kalor (*heat transfer rate*) merupakan jumlah energi panas yang berpindah dari suatu sistem ke sistem lain setiap satuan waktu akibat adanya perbedaan temperatur. Pada penelitian ini, kalor berpindah dari uap hasil pirolisis yang bersuhu tinggi menuju air pendingin yang bersuhu lebih rendah melalui dinding kondensor. Besarnya laju perpindahan kalor yang diserap oleh air

pendingin dipengaruhi oleh laju aliran massa air, kalor jenis air, dan perubahan temperatur air.

$$Q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

dengan:

- Q = laju perpindahan kalor (W)
- $\dot{m}$ = laju aliran massa air (kg/s)
- C_p = kalor jenis air pada tekanan konstan (J/kg·K)
- $\Delta T = T_{out} - T_{in}$

2.2.6 LMTD (*Log Mean Temperature Difference*)

Log Mean Temperature Difference (*LMTD*) merupakan metode yang digunakan untuk menentukan perbedaan temperatur rata-rata antara fluida panas dan fluida dingin pada alat penukar panas (*heat exchanger*). Metode ini didasarkan pada perubahan temperatur kedua fluida selama proses perpindahan panas, sehingga nilai perbedaan temperatur tidak bersifat konstan di sepanjang alat penukar panas. Oleh karena itu, *LMTD* digunakan untuk memperoleh nilai perbedaan temperatur rata-rata yang representatif dibandingkan menggunakan selisih temperatur biasa.

Metode *Log Mean Temperatur Difference (LMTD)* digunakan ketika temperatur fluida panas dan fluida dingin pada sisi masuk (*inlet*) maupun keluar (*outlet*) telah diketahui. Nilai *LMTD* kemudian dimanfaatkan untuk menentukan laju perpindahan kalor serta koefisien perpindahan kalor pada *heat exchanger*, sehingga dapat digunakan sebagai parameter dalam mengevaluasi kinerja alat penukar panas. Semakin besar nilai *LMTD*, semakin besar pula potensi perpindahan kalor yang dapat terjadi antara kedua fluida. Secara matematis, nilai *LMTD* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$LMTD = \frac{(\Delta T_1 - \Delta T_2)}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)}$$

Keterangan :

- $\Delta T1 = \text{Fluida hot in} - \text{Fluida hot out}$
- $\Delta T2 = \text{Fluida cold out} - \text{Fluida cold in}$

Pada penelitian ini, metode *LMTD* digunakan untuk menganalisis proses perpindahan panas yang terjadi pada kondensor selama proses pirolisis. Nilai *LMTD* diperoleh dari data temperatur uap pirolisis serta temperatur air pendingin pada sisi masuk dan keluar kondensor. Hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan untuk mengevaluasi pengaruh variasi debit air pendingin terhadap proses kondensasi uap menjadi minyak pirolisis.

2.2.7 Secondary Cracking

Secondary cracking (perengkahan sekunder) adalah reaksi lanjutan yang terjadi setelah material ban mengalami dekomposisi/pirolisis awal, ketika uap atau senyawa volatil hasil pirolisis masih berada pada temperatur tinggi.

Prosesnya ialah:

Ban $\rightarrow$ terurai karena panas $\rightarrow$ menghasilkan uap hidrokarbon $\rightarrow$ uap tersebut terkena panas lebih lanjut $\rightarrow$ molekul hidrokarbon besar pecah menjadi molekul yang lebih kecil.

Menurut Čepić dkk. (2021) Rasio perolehan minyak dan gas dibawah ini merupakan hasil dari reaksi perengkahan sekunder atau secondary cracking yang terjadi pada suhu tinggi, yang membentuk gas tak dapat terkondensasi sehingga meningkatkan perolehan gas sekaligus mengurangi perolehan minyak.

Temperature	Char	Oil	Gas
$^{\circ}\text{C}$	wt. %	wt. %	wt. %
400	58.7	27.0	14.3
450	45.8	38.4	15.8
500	39.9	43.6	16.5
550	40.0	42.6	17.4
600	39.9	40.0	20.1
650	40.0	37.3	22.7
700	39.9	32.1	28.0
750	39.9	26.6	33.5

Gambar 2. 9 Pengaruh suhu terhadap rendemen produk pirolisis
Sumber : Čepić dkk. (2021)

Tabel tersebut menunjukkan bahwa temperatur mempunyai pengaruh yang kuat terhadap distribusi produk pirolisis limbah ban. Pada temperatur 400–500°C, peningkatan temperatur menyebabkan penurunan char dan peningkatan oil karena dekomposisi termal ban semakin intensif dan menghasilkan lebih banyak senyawa volatil yang dapat dikondensasikan. Perolehan minyak mencapai maksimum sebesar 43,6% pada 500°C. Setelah temperatur dinaikkan di atas 500°C, perolehan minyak terus menurun, sedangkan perolehan gas meningkat hingga mencapai 33,5% pada 750°C.

Sementara itu, perolehan char relatif konstan pada kisaran 40%, yang menunjukkan bahwa setelah sekitar 500°C perubahan produk lebih dominan terjadi antara fraksi minyak dan gas. Peningkatan gas pada temperatur tinggi dikaitkan dengan terjadinya reaksi sekunder atau secondary cracking terhadap uap hidrokarbon, yang menyebabkan hidrokarbon yang lebih berat terurai menjadi senyawa yang lebih ringan dan gas yang tidak dapat terkondensasi. Dengan demikian, peningkatan temperatur tidak selalu meningkatkan hasil minyak; terdapat temperatur optimum, yaitu sekitar 500°C pada kondisi penelitian tersebut, sedangkan temperatur yang lebih tinggi cenderung meningkatkan pembentukan gas dan menurunkan perolehan minyak.