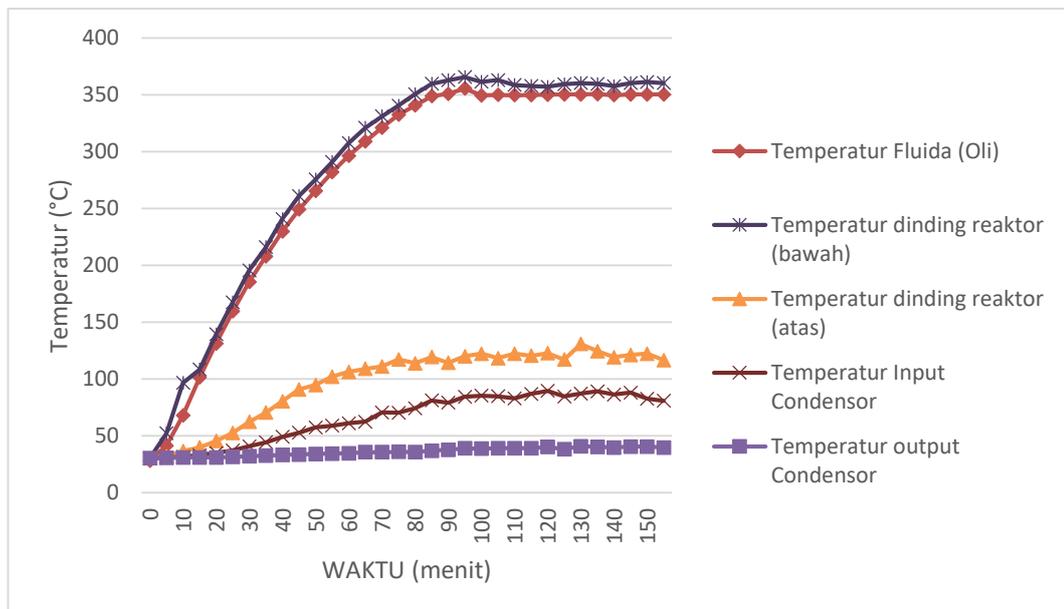


BAB IV

PENGUMPULAN DATA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengambilan Data Dari Alat Destilasi

Percobaan dilakukan dari titik awal sebelum alat dinyalakan (0 menit) hingga mencapai temperatur 350°C (tanpa pengadukan agitator, Pengambilan data dilakukan setiap 5 menit). Setelah mencapai temperatur pengaturan 350°C agitator dijalankan pada rpm 300 selama 30 menit (data diambil setiap 5 menit), kemudian dilanjutkan dengan rpm 500 selama 30 menit (data diambil setiap 5 menit).



Gambar 4.1 Grafik Data Temperatur *Reaktor* dan Kondensor

Hasil pengujian menunjukkan arti dari T0 (temperatur *fluida oli*), T0' (temperatur tanki *reaktor* bawah), T1 (temperatur tanki *reaktor* atas), T2 (temperatur input kondensor), T3 (temperatur output kondensor). Pada proses perpindahan panas konduksi tampak temperatur tanki *reaktor* bawah menghasilkan puncak temperatur tertinggi kemudian diikuti oleh temperatur *fluida*. Jika diamati pada Gambar 4.1 kedua bagian antara temperatur tanki *reaktor* bawah dan

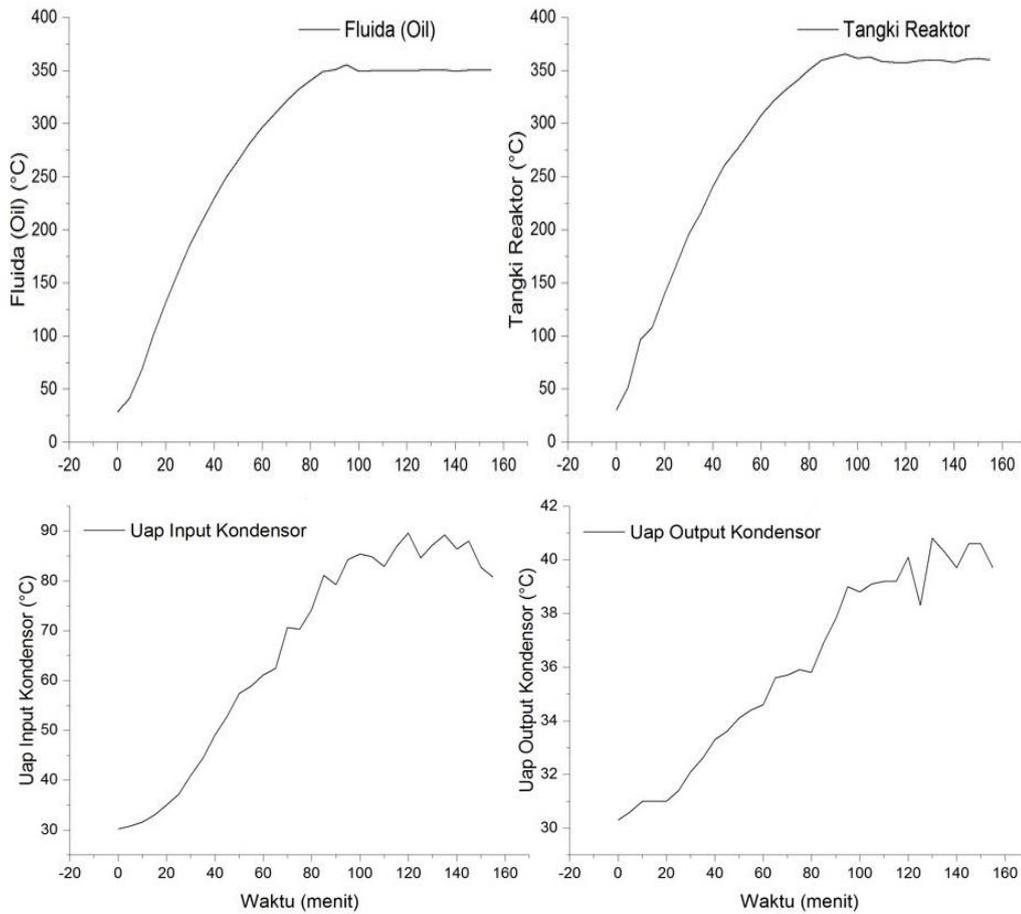
temperatur *fluida* tidak terlalu jauh berbeda nilai kalor yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh perambatan kalor pada permukaan logam merata. Oleh sebab itu perpindahan kalor terjadi maksimal.

Kemudian pada temperatur tanki *reaktor* atas, temperatur input kondensor, temperatur output kondensor terjadi perbedaan temperatur yang signifikan jika dibandingkan dengan temperatur *fluida* oli dan temperatur tanki *reaktor* bawah. Hal ini disebabkan oleh konduktivitas termal material. Konduktivitas termal adalah kemampuan material untuk menghantarkan panas. Material dengan konduktivitas termal yang lebih tinggi akan lebih efisien dalam mengalirkan panas, sehingga perbedaan suhu antara dalam dan luar tabung mungkin akan lebih kecil.

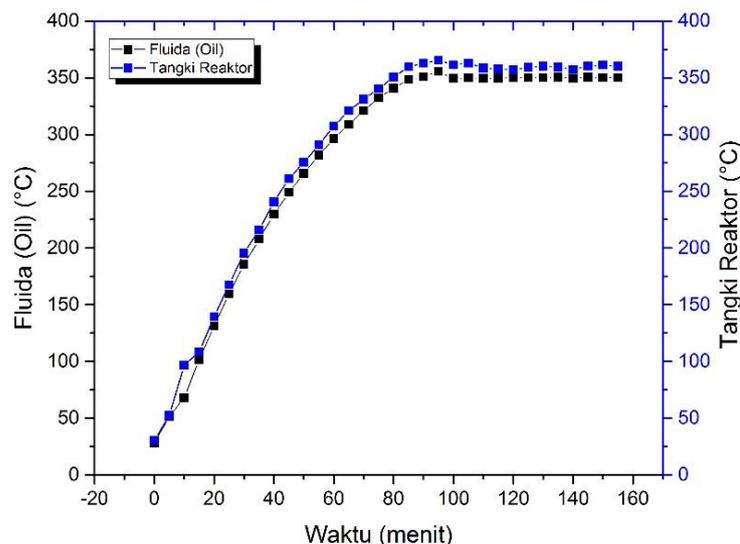
Jika ditinjau pada dimensi tabung, semakin panjang tabung, semakin banyak jalur konduksi yang harus dilalui. Ini dapat mengakibatkan perbedaan suhu yang lebih besar jika konduktivitas termalnya tidak tinggi. Selain itu perbedaan suhu awal antara bagian dalam dan luar tabung juga mempengaruhi besarnya perbedaan suhu akhir. Semakin besar perbedaan suhu awal, semakin besar perbedaan suhu akhir yang mungkin terjadi.

Jika ditinjau dari keadaan isolasi, maka tabung memiliki isolasi termal yang baik disekitarnya, ini dapat mengurangi hilangnya panas ke lingkungan sekitarnya dan akibatnya mengurangi perbedaan suhu yang terjadi. Dan faktor konveksi udara disekitar tabung juga dapat mempengaruhi perpindahan panas. Jika ada pergerakan udara yang signifikan, itu dapat mengurangi perbedaan suhu antara dalam dan luar tabung dengan membawa udara dingin ke dekat tabung yang panas.

Jadi, perbedaan suhu yang signifikan antara bagian dalam dan luar tabung agitator pada perpindahan panas konduksi dapat terjadi karena sejumlah faktor, termasuk konduktivitas termal material, geometri tabung, isolasi, perbedaan suhu awal, dan konveksi. Kondisi perpindahan panas dapat diamati pada Gambar 4.2



Gambar4.2 Grafik *Fluida Reaktor* dan Kondensor



Gambar 4.3 Grafik Hubungan *Fluida* dengan *Tangki Reaktor*

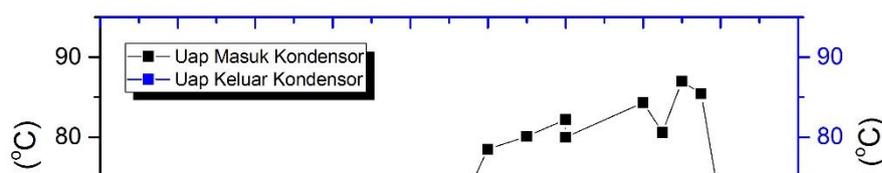
Perpindahan panas dalam konteks *fluida reaktor* dan kondensor berkaitan dengan bagaimana panas dipindahkan dari satu medium ke medium lainnya. *Fluida reaktor* umumnya merujuk pada *fluida* yang berada didalam *reaktor* nuklir, dimana reaksi nuklir terjadi. Proses perpindahan panas dalam *fluida reaktor* dapat terjadi melalui beberapa mekanisme, termasuk konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi panas terjadi dalam *fluida reaktor* melalui tumbukan antarpartikel yang mengakibatkan perpindahan energi kinetik. Namun, konduksi biasanya tidak menjadi mekanisme utama perpindahan panas dalam *fluida reaktor*, karena *fluida* memiliki konduktivitas termal yang rendah.

Konveksi adalah mekanisme perpindahan panas yang dominan dalam *fluida reaktor*. Konveksi alami (*natural convection*) terjadi karena perbedaan densitas dalam *fluida* yang dipanaskan mengakibatkan aliran alami. Konveksi paksa (*forced convection*) dapat dihasilkan dengan menggunakan alat seperti pompa untuk mengalirkan *fluida* melalui sistem. Radiasi termal adalah perpindahan panas melalui gelombang elektromagnetik. Dalam *reaktor* nuklir, radiasi adalah

mekanisme penting karena suhu yang tinggi didalam *reaktor* menghasilkan radiasi elektromagnetik yang dapat mengirimkan panas.

Kondensor adalah perangkat yang digunakan untuk mengkondensasi uap menjadi cairan dengan menghilangkan panas. Kondensor umumnya digunakan dalam siklus termal pembangkit listrik, dimana uap yang digerakkan oleh turbin dikondensasikan kembali menjadi air cair yang kemudian dapat digunakan kembali. Proses perpindahan panas dalam kondensor juga melibatkan beberapa mekanisme kondensasi dan konveksi. Proses kondensasi dalam kondensor adalah kondensasi uap menjadi cairan. Uap dilewatkan melalui permukaan dingin dalam kondensor, dan panas dari uap dipindahkan ke permukaan tersebut sehingga uap berubah menjadi cairan. Konveksi udara atau air sejuk digunakan untuk menghilangkan panas dari permukaan kondensor. Aliran udara atau air yang melewati permukaan kondensor membawa panas yang dihilangkan dari uap yang sedang dikondensasi.

Jadi, hubungan perpindahan panas dalam *fluida reaktor* dan kondensor terletak pada mekanisme perpindahan panas yang terjadi (konduksi, konveksi, radiasi, dan kondensasi) dan bagaimana masing-masing mekanisme ini mempengaruhi transfer panas antara *fluida* yang terlibat.



Gambar4.4 Grafik Delta Temperatur Kondensor

Dari beberapa grafik *fluida* diatas menunjukkan adanya perpindahan kalor yang terjadi pada sisi tanki *reaktor* dan juga pada sisi kondensor. Pada kondisi titik awal sebelum alat dinyalakan (0 menit) hingga mencapai temperatur 350°C membutuhkan waktu 85 menit, dan destilat bisa menetes dari tanki kondensor pada menit ke 75 dengan temperatur *fluida* 332°C. Uap yang berasal dari proses seperti turbin memiliki energi panas yang tinggi. Ketika uap ini memasuki kondensor, panas diambil dari uap oleh permukaan kondensor yang dingin. Ini menyebabkan uap kehilangan energi panas dan mulai berubah fasa menjadi cairan



(c) Temperatur *Fluida* (b) Temperatur *Reaktor* (a) Temperatur inlet kondensor



(e) Temperatur inlet kondensor



(d) Hasil Destilat

Gambar 4.5 Foto Pada Saat Awal Alat Menghasilkan Destilat

Setelah mencapai temperatur set point 350°C , agitator dijalankan konstan pada rpm 300, pada data percobaan dimulai pada menit ke 90 dan rpm 500 pada menit ke 125. Dari hasil percobaan menggunakan agitator ada peningkatan temperatur pada sisi uap *reaktor*, ini menandakan dengan adanya pengadukan pada bahan baku akan lebih mempercepat proses penguapan oli bekas. Selama proses kondensasi, uap kehilangan energi panas yang cukup untuk berubah fasa menjadi cairan. Partikel uap mulai mengondensasi, mendekati satu sama lain, dan membentuk titik-titik cairan. Proses perpindahan panas pada tahap ini terutama melibatkan konveksi. Udara atau air dingin (pendingin) dialirkan melalui

permukaan kondensor. Permukaan kondensor yang dingin menyebabkan udara atau air yang melewati permukaan ini menjadi lebih panas. Selanjutnya, udara atau air yang lebih hangat ini mengambil panas dari uap yang berubah menjadi cairan didalam kondensor. Proses konvektif ini membantu menghilangkan panas dari uap dan mempercepat kondensasi.

Panas yang diambil dari uap selama kondensasi dan proses konvektif dilewatkan ke lingkungan melalui aliran udara atau air pendingin. Ini menyebabkan suhu uap terus menurun, mendorong lebih banyak kondensasi, dan menghasilkan lebih banyak cairan. Cairan yang terbentuk dari uap didalam kondensor dikumpulkan dan diarahkan ke sistem yang sesuai untuk digunakan dalam proses berikutnya, seperti dalam siklus pembangkit listrik. Jadi, hubungan perpindahan panas uap pada kondensor melibatkan perubahan fasa uap menjadi cairan melalui kondensasi, perpindahan panas konvektif antara uap dan pendingin, dan pembuangan panas dari sistem untuk menciptakan sirkulasi yang berkesinambungan dalam mengubah uap menjadi cairan

4.2 Hasil Viskositas

4.2.1 Tabel Hasil Analisa Sampel Viskositas

NO	Pengujian	Nilai (cSt)
1	Viscositas rpm 300	31,95
2	Viscositas rpm 500	34,07

Hasil Analisa Viscositas dari Laboratorium Teknik Universitas Panca Marga Probolinggo. Viscositas sangat dipengaruhi oleh factor suhu, tekanan dan komposisi kimia dari zat tersebut. Dari hasil pengujian viskositas yang dikirim pada rpm 500 mendapatkan nilai cSt yang lebih besar. Penyebab proses pirolisis menghasilkan viskositas yang masih tinggi pada produk disebabkan sejumlah reaksi kimia kompleks diantara berbagai komponen bahan baku. Pembentukan senyawa-senyawa dengan struktur kimia yang rumit dapat menghasilkan produk yang memiliki ikatan ikatan kuat dan struktur molekul yang kompleks, yang pada gilirannya dapat menyebabkan viskositas yang tinggi.

Pembentukan senyawa aromatik merupakan salah satu jenis senyawa yang sering terbentuk selama *pirolisis* adalah senyawa *aromatik*, seperti *benzene*, *toluene*, dan *xylene*. Senyawa-senyawa ini cenderung memiliki struktur molekul yang kompleks dan cincin aromatik, yang dapat menyebabkan peningkatan viskositas produk cair. Selama *pirolisis*, terutama pada suhu yang lebih rendah, terjadi pembentukan polimer dari reaksi kondensasi atau reaksi silang. *Polimerisasi* ini dapat menghasilkan molekul besar dengan rantai panjang yang cenderung memberikan viskositas yang lebih tinggi pada produk cair.

Suhu *pirolisis* juga berpengaruh pada viskositas produk. Pada suhu yang lebih tinggi, reaksi-reaksi kimia mungkin lebih ekstensif, yang dapat menghasilkan senyawa dengan viskositas yang lebih rendah. Namun, pada suhu yang lebih rendah, pembentukan senyawa dengan viskositas tinggi lebih mungkin terjadi. Parameter operasional seperti tekanan, laju pemanasan, dan lama pirolisis juga dapat mempengaruhi viskositas produk. Kondisi yang tidak optimal atau perubahan dalam parameter ini dapat menghasilkan produk dengan viskositas yang lebih

tinggi. Jadi, viskositas yang tinggi pada produk *pirolisis* dapat disebabkan oleh sejumlah faktor yang berhubungan dengan kompleksitas kimia, pembentukan senyawa aromatik dan polimer, kadar air dan mineral, komposisi bahan baku, suhu pirolisis, dan kondisi proses yang digunakan dalam proses pirolisis.

4.3 Hasil Densitas

4.3.1 Tabel Hasil Analisa Sampel Densitas

NO	Pengujian	Nilai (kg/m ³)
1	Densitas rpm 300	850,0
2	Densitas rpm 500	848,3

Hasil Analisa Densitas yang dilakukan di Laboratorium Teknik Universitas Panca Marga Probolinggo, nilai rata-rata densiti yang didapatkan dari hasil analisa dengan range *variasi* rpm mendapatkan hasil yang berbeda, rpm lebih tinggi menghasilkan nilai densitas yang standart. Pada proses *pirolisis* oli bekas, terbentuknya produk dengan densitas yang memenuhi standar namun viskositas yang tidak memenuhi standar bahan bakar dapat disebabkan oleh berbagai faktor yang mempengaruhi komposisi dan struktur kimia dari produk *pirolisis*. Proses *pirolisis* melibatkan reaksi-reaksi kimia kompleks yang terjadi dalam kondisi panas dan tekanan yang ekstrim. Reaksi-reaksi ini dapat menghasilkan berbagai jenis senyawa organik dengan struktur yang berbeda-beda. Beberapa senyawa organik yang terbentuk selama *pirolisis* dapat memiliki struktur kimia yang kompleks dan rantai panjang, yang pada akhirnya dapat menyebabkan viskositas yang tinggi.

Selama *pirolisis*, beberapa senyawa organik dapat mengalami reaksi kondensasi, menghasilkan molekul-molekul yang lebih besar dan kompleks.

Senyawa-senyawa ini memiliki kecenderungan untuk membentuk produk yang memiliki viskositas yang lebih tinggi. Komposisi produk pirolisis, terutama rasio karbon-hidrogen (C/H), dapat memengaruhi viskositas. Produk dengan rasio C/H yang lebih tinggi cenderung memiliki viskositas yang lebih tinggi karena ikatan karbon yang panjang dan rantai hidrokarbon yang kompleks.

4.4 Hasil Flash Point

4.4.1 Tabel Hasil Analisa Sampel *FlashPoint*

NO	Pengujian	Nilai (PMcc, °C)
1	Flash Point rpm 300	146
2	Flash Point rpm 500	144

Hasil Analisa *Flashpoint* yang dilakukan di Laboratorium TAKI Teknik Kimia Universitas Sepuluh November Surabaya. Nilai *flashpoint* mengacu pada suhu minimum dimana uap dari suatu cairan dapat terbakar saat terpapar api atau sumber panas eksternal. Dalam konteks destilasi minyak atau bahan bakar, *flashpoint* adalah indikator kecenderungan bahan tersebut untuk terbakar secara mudah.

Pada table 4.4.1 ditunjukkan hasil pengujian *flash point bio oil* dari oli bekas. Sampel 2, pada saat proses destilasi dengan *variasi rpm 500* menghasilkan nilai *flashpoint* yang lebih rendah dari sampel 1. Ini menunjukkan semakin tinggi temperatur destilasi yang diberikan, maka hasil destilasi akan memiliki nilai *flashpoint* semakin rendah. Pada suhu rendah dalam proses destilasi fraksional, komponen dengan titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu dan akan dikondensasi kembali menjadi fraksi-fraksi yang berbeda. Komponen-komponen

dengan nilai *flashpoint* rendah cenderung terpisah pada tahap awal proses destilasi ini, meninggalkan fraksi dengan nilai *flashpoint* yang lebih tinggi.

Proses destilasi pada suhu yang lebih tinggi dapat menyebabkan komponen-komponen yang memiliki nilai *flash point* lebih rendah untuk menguap dan terpisah dari campuran. Seiring peningkatan suhu, komponen-komponen dengan nilai *flash point* lebih tinggi akan mendominasi fraksi yang dihasilkan, dan ini dapat mengakibatkan nilai produk *flashpoint* yang lebih tinggi. Peningkatan suhu dalam destilasi dapat mengakibatkan terjadinya reaksi kimia seperti *cracking* atau *polimerisasi*, yang mengubah struktur molekul komponen dalam campuran. Dalam beberapa kasus, reaksi ini dapat mengubah komponen yang awalnya memiliki nilai *flashpoint* rendah menjadi lebih stabil dan memiliki nilai *flashpoint* yang lebih tinggi

4.5 Hasil Nilai Kalor

4.5.1 Tabel Hasil Analisa Sampel Nilai Kalor

NO	Pengujian	Nilai (Kkal/Kg)
1	Nilai Kalor rpm 300	10972
2	Nilai Kalor rpm 500	10967

Tabel Hasil Analisa Nilai Kalor dari Laboratorium Energi Universitas Sepuluh November Surabaya. Nilai kalor atau nilai panas (*heat value*) mengukur seberapa banyak energi yang dihasilkan ketika suatu jumlah bahan bakar atau campuran terbakar sepenuhnya. Nilai kalor yang dihasilkan pada pengujian destilasi dengan menggunakan bahan bakubio oil terdapat nilai perbedaan. Hal ini disebabkan pada jumlah energi yang dihasilkan ketika bahan bakar terbakar

sepenuhnya, dan uap oli bekas yang dihasilkan dari pembakaran dikondensasikan kembali menjadi bentuk cair. Pada kondisi ini, panas penguapan oli bekas yang dihasilkan dari pembakaran diambil kembali. LHV (*Lower Heating Value*) biasanya lebih rendah dari nilai kalor lainnya karena sebagian energi digunakan untuk penguapan oli bekas.

Peningkatan suhu destilasi dapat menghasilkan produk dengan nilai kalor yang lebih tinggi. Ini mungkin terjadi jika komponen-komponen yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi terpisah pada suhu yang lebih tinggi. Jika suhu lebih tinggi menghasilkan pemisahan komponen yang memiliki nilai kalor yang lebih tinggi, maka nilai kalor produk akhir dapat meningkat. Proses destilasi pada suhu yang berbeda dapat mempengaruhi komposisi kimia produk akhir. Jika komponen-komponen dengan nilai kalor yang berbeda terpisah dalam proses destilasi, hal ini akan mempengaruhi nilai kalor produk. Misalnya, jika fraksi dengan nilai kalor yang lebih tinggi lebih mudah terpisah pada suhu yang lebih tinggi, nilai kalor produk akhir dapat meningkat. Seperti yang disebutkan sebelumnya, peningkatan suhu dalam proses destilasi dapat memicu reaksi kimia antara komponen-komponen dalam campuran. Reaksi kimia ini dapat mengubah struktur molekul dan sifat-sifat fisik kimia, termasuk nilai kalor. Dalam beberapa kasus, reaksi kimia tersebut dapat meningkatkan nilai kalor produk akhir

4.6 Pengadukan Agitator

4.6.1 Tabel Hasil Perbandingan Temperatur Tangki *Reaktor*

NO	Dengan Agitator (°C)	Tanpa Agitator (°C)
----	---------------------------	--------------------------

1	122,3	119,7
2	118,3	113,0
3	122,3	116,4
4	120,4	111,9

Pada percobaan ini membandingkan data dari percobaan sebelumnya yang telah melakukan percobaan pada *variasi* temperatur konstant 350°C tanpa agitator. Perpindahan panas konveksi sebagai perpindahan energi terjadi dalam *fluida* dalam tanki *reaktor* akibat efek kombinasi dari konduksi dan pergerakan kasar *fluida* (pengadukan). Adapun energi yang dipindahkan adalah energi dalam *fluida*. Begitu pula dengan konveksi sebagai pertukaran panas *latent* yang dihubungkan dengan perubahan fase antara keadaan cair dan uap.