BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian dan Pengambilan Data

Pada pengujian minyak kayu putih menggunakan bahan baku 8 kg, data dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah :

Tabel 4.1 Data hasil pembuatan minyak kayu putih (dengan temperatur yang belum dikalibrasi)

No.	Kondisi daun	Produksi Kondensat (ml)		Waktu (menit)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	Debit air (l/jam)
		Campuran	Minyak							
1.	Daun Segar Tanpa Perajangan	300	10	34,3	84,0	82,7	23,2	24,0	29,8	400
		433,3	20	43,7	83,9	83,2	23,3	24,2	30,2	400
		600	30	53,3	83,9	83,3	23,5	24,3	30,3	400
		833,3	40	64,7	84,0	83,5	23,2	23,7	27,3	400
		1000	50	73,0	83,9	83,6	23,3	24,1	30,3	400
		1200	60	81,7	84,0	83,7	23,4	24,3	30,3	400
		1366,7	70	91,7	83,9	83,4	23,6	24,3	30,1	400
		1600	80	104,0	83,9	83,5	23,5	24,2	30,0	400
		1800	90	112,3	83,9	83,6	23,4	24,0	29,9	400
		1966,7	100	118,3	83,9	83,6	23,4	24,5	29,9	400
		2300	110	131,7	83,8	83,6	23,2	23,9	29,8	400
		2533,3	120	141,3	83,9	83,6	23,6	24,4	29,8	400
		2800	130	153,3	83,8	83,6	23,1	24,2	30,0	400
2.	Daun Segar Dengan Perajangan	200	10	22,7	84,1	82,6	23,5	24,2	29,9	400
		400	20	31,3	84,1	83,0	23,6	24,4	30,0	400
		633,3	30	41,3	84,1	83,3	23,8	24,4	30,2	400
		833,3	40	49,7	84,0	83,5	23,6	24,6	30,4	400
		1033,3	50	62,0	84,1	83,6	23,7	24,4	30,3	400
		1266,7	60	72,3	84,0	83,7	23,7	24,3	30,1	400
		1466,7	70	83,0	84,0	83,7	23,2	23,8	30,3	400
		1633,3	80	86,7	84,0	84,0	23,6	24,6	30,4	400
		1833,3	90	93,7	84,0	83,7	23,2	24,1	30,2	400
		2066,7	100	113,3	83,9	83,7	23,3	24,1	30,1	400
		2366,7	110	122,7	83,8	83,6	22,8	23,9	29,9	400
		2700	120	133,7	83,9	83,7	23,1	23,9	29,8	400
		2833,3	123,3	138,0	83,9	83,8	23,2	24,5	29,9	400

Tabel 4.1 Data hasil pembuatan minyak kayu putih (lanjutan)

No.	Kondisi daun	Produksi Kondensat (ml)		Waktu (menit)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	Debit air (l/jam)
		Campuran	Minyak							
3.	Daun Layu Tanpa Perajangan	233,3	10	25,0	84,0	82,2	23,0	23,7	29,8	400
		433,3	20	39,7	84,0	81,9	23,3	23,9	29,6	400
		453,3	30	53,3	84,0	83,2	23,4	24,0	30,4	400
		593,3	40	66,3	84,1	83,5	23,5	23,9	30,6	400
		1033,3	50	80,3	84,2	83,7	23,9	25,2	30,6	400
		1200	60	90,3	83,8	77,9	23,7	24,1	29,6	400
		1433,3	70	107,3	84,1	83,7	24,1	24,7	30,6	400
		1633,3	80	119,0	84,2	83,7	24,5	24,6	30,3	400
		1833,3	90	129,0	84,2	83,7	23,9	24,7	30,3	400
		1966,7	100	139,7	84,2	83,8	23,5	24,9	30,3	400
		2233,3	110	154,3	84,2	83,8	23,7	24,4	30,1	400
		2333,3	113,3	163,7	84,1	83,8	24,6	24,8	30,8	400
4.	Daun Layu Dengan Perajangan	166,7	10	21,0	83,9	82,9	23,5	24,3	29,9	400
		366,7	20	32,3	83,9	83,1	23,3	23,9	30,1	400
		600	30	44,0	84,0	83,4	23,7	24,3	30,6	400
		800	40	54,3	83,9	83,5	23,8	24,6	30,9	400
		966,7	50	60,0	84,0	83,5	23,7	24,4	30,7	400
		1200	60	70,0	84,0	83,6	23,7	24,6	30,6	400
		1400	70	81,3	83,7	76,1	23,6	24,5	29,9	400
		1633,3	80	90,7	84,1	83,8	23,7	24,3	30,5	400
		1833,3	90	99,7	84,0	83,8	24,1	25,0	30,8	400
		2000	100	109,0	84,1	83,8	24,1	24,7	30,9	400
		2400	110	122,0	84,1	83,9	24,3	25,1	31,0	400
		2733,3	120	138,7	84,1	83,9	24,4	25,3	31,1	400

4.2. Perhitungan Kalibrasi Temperatur, Laju Perpindahan Kalor yang Diserap Pada Fluida Pendingin, dan Laju Perpindahan Kalor yang Diberikan Pada Fluida Panas

4.2.1. Perhitungan kalibrasi Temperatur

Pada pengujian data yang didapatkan perlu dikalibrasi terlebih dahulu, data yang digunakan sebagai contoh adalah daun segar tanpa perajangan pada menit ke 34,3, pengkalibrasian menggunakan rumus yang sudah didapatkan sebagai berikut :

$T_{1,standar} = m \times T_1 - C$

$= 1{,}2579 \times T_1 - 6{,}9916$

$T_{2,standar} = m \times T_2 - C$

$= 1{,}2712 \times T_2 - 8{,}4128$

$T_{3,standar} = m \times T_3 - C$

$= 1{,}2526 \times T_3 - 6{,}7382$

$T_{4,standar} = m \times T_4 - C$

$= 1{,}2384 \times T_4 - 5{,}9584$

$T_{5,standar} = m \times T_5 - C$

$= 1{,}2744 \times T_5 - 8{,}8742$

Keterangan :

$T_{standar}$ = Temperatur sebenarnya
m = Gradien garis kalibrasi
C = Konstanta kalibrasi

Dengan :

$T_1 = 84$

$T_2 = 82{,}7$

$T_3 = 23{,}2$

$T_4 = 24$

$T_5 = 29{,}8$

Jadi untuk menghitung temperatur sebenarnya dengan menggunakan rumus kalibrasi sebagai berikut :

$T_{1,standar}$ $= m \times T_1 - C$

$= 1{,}2579 \times 84^oC - 6{,}9916$

$= 98{,}7^oC$

$T_{2,standar}$ $= m \times T_2 - C$

$= 1{,}2712 \times 82{,}7\ ^oC - 8{,}4128$

$= 96{,}7^oC$

$T_{3,standar}$ $= m \times T_3 - C$

$= 1{,}2526 \times 23{,}2^oC - 6{,}7382$

$= 22{,}3^oC$

$T_{4,standar}$ $= m \times T_4 - C$

$= 1{,}2384 \times 24^oC - 5{,}9584$

$= 23{,}8^oC$

$T_{5,standar}$ $= m \times T_5 - C$

$= 1{,}2744 \times 29{,}8^oC - 8{,}8742$

$= 29{,}1^oC$

4.2.2. Perhitungan Laju Perpindahan Kalor yang Diserap Pada Fluida Pendingin dan Perhitungan Laju Perpindahan Kalor yang Diberikan Pada Fluida Panas Pada Proses Kondensasi

Pada perhitungan Laju perpindahan kalor yang diserap pada fluida pendingin yang digunakan untuk pendinginan dan laju perpindahan kalor yang diberikan pada fluida panas yang terjadi pada proses kondensasi, data yang dipakai sebagai contoh adalah daun segar tanpa perajangan pada menit ke 34,3.

1. Menghitung Laju Perpindahan Kalor yang Diserap Pada Fluida Pendingin

   Untuk menghitung laju perpindahan kalor yang diserap pada fluida pendingin ($\bar{Q}_c$), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{Q}_c = \dot{m}_c \times Cp_c \times \Delta T_c$$

Keterangan :

$\bar{Q}_c$ = Laju perpindahan kalor yang diserap pada fluida pendingin (Watt)
$\dot{m}_c$ = Laju aliran massa pendingin (kg/s)
Cp_c = Kalor spesifik pada tekanan dingin konstan (kJ/kg.°C)
ΔT_c = Beda temperatur air dingin masuk dan keluar (°C)

Dengan :

Cp_{air} = 4,23 kJ/kg.°C

ρair = 1000 kg/m^3

$Debit_{air}$ = 400 l/jam

$$\dot{m}_c = \rho air \times Debit_{air}$$

$$\dot{m}_c = 1000\ kg/m^3 \times \left(\frac{400x10^{-3}}{3600}\right) m^3/s$$

$\dot{m}_c$ = 0,11 kg/s

ΔT = T4 – T3

ΔT = 23,8°C - 22,3°C

ΔT = 1,5°C

Jadi untuk menghitung laju perpindahan kalor yang diserap pada fluida

2. Menghitung Laju Perpindahan Kalor yang Diberikan Fluida Panas

Untuk menghitung laju perpindahan kalor yang diberikan fluida panas ($\bar{Q}_h$), dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{Q}_h = \dot{m}_h \times \Delta_h + \dot{m}_h \times Cp_h \times (T_2 - T_5)$$

Keterangan :

$\bar{Q}_h$ = Laju perpindahan aliran kalor yang diberikan fluida panas (Watt)
$\dot{m}_h$ = Laju aliran massa panas (kg/s)
Cp_h = Kalor spesifik pada tekanan panas konstan (kJ/kg.°C)
Δ_h = Entalpi penguapan/pengembunan (kJ/kg)
T_2 = Temperatur uap masuk (°C)
T_5 = Temperatur kondensat (°C)

Dengan :

Cp_h = 4,23 kJ/kg.°C

ρair = 1000 kg/m^3

$$\tilde{V}_{kondensat} = \frac{300\ ml}{34{,}3\ menit}$$

$\tilde{V}_{kondensat}$ = 8,75 ml/menit

$\dot{m}_h$ = $\rho air \times \tilde{V}_{kondensat}$

$$\dot{m}_h = 1000\ kg/m^3 \times \left(\frac{8{,}75x10^{-6}}{60}\right) m^3/s$$

$\dot{m}_h$ = $1{,}46x10^{-4}$ kg/s

Karena Δ_h berada diantara kondensor, maka entalpi penguapan atau pengembunan pada kondensor dicari ditabel A-4 (Uap panas jenuh)

Dengan menggunakan rumus interpolasi maka didapatkan rumus sebagai berikut :

$$\frac{hfg-2269,6}{2256,4-2269,6} = \frac{96,1-95}{100-95}$$

Sehingga :

$$\Delta_h = (2256,4-2269,6) \times \left(\frac{96,7-95}{100-95}\right) + 2269,6$$

$$\Delta_h = 2265,1 \text{ kJ/kg}$$

Jadi untuk menghitung laju perpindahan kalor yang diberikan fluida panas dengan rumus :

$$\bar{Q}_h = \dot{m}_h \times \Delta_h + \dot{m}_h \times Cp_h \times (T_2-T_5)$$

$$\bar{Q}_h = 1,46\times10^{-4} \text{ kg/s} \times 2265,1 \text{ kJ/kg} + 1,46\times10^{-4} \text{ kg/s} \times 4,23 \text{ kJ/kg.}^\circ\text{C} \times (96,7^\circ\text{C} - 29,1^\circ\text{C})$$

$$\bar{Q}_h = 0,371874636 \text{ kJ/s} = 371,9 \text{ Watt}$$

3. Perbandingan Laju Perpindahan Kalor yang Diserap Pada Fluida Pendingin dan Laju Perpindahan Kalor yang Diberikan Pada Fluida Panas

Dari data yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa laju pendinginan pada kondensor baik, karena nilai yang di dapat pada laju pendinginan sebesar 698 watt lebih besar dari pada nilai laju pemanasan sebesar 371,9 watt. Sehingga pengkondensasian bekerja dengan maksimal.

Tabel 4.2 Data hasil pembuatan minyak kayu putih (dengan temperatur yang sudah dikalibrasi)

No.	Kondisi daun	Produksi Kondensat (ml)		Waktu (menit)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	Q_c (Watt)	Q_b (Watt)
		Campuran	Minyak								
1.	Daun segar Tanpa perajangan	300	10	34,3	98,7	96,7	22,3	23,8	29,1	698,0	371,9
		433,3	20	43,7	98,5	97,4	22,4	24,0	29,6	744,5	421,4
		600	30	53,3	98,5	97,5	22,7	24,1	29,7	651,4	478,4
		833,3	40	64,7	98,7	97,7	22,3	23,4	25,9	511,8	550,9
		1000	50	73,0	98,5	97,9	22,4	23,9	29,7	698,0	582,3
		1200	60	81,7	98,7	98,0	22,6	24,1	29,7	698,0	624,4
		1366,7	70	91,7	98,5	97,6	22,8	24,1	29,5	604,9	633,6
		1600	80	104,0	98,5	97,7	22,7	24,0	29,4	604,9	654,2
		1800	90	112,3	98,5	97,9	22,6	23,8	29,2	558,4	681,9
		1966,7	100	118,3	98,5	97,9	22,6	24,4	29,2	837,5	707,3
		2300	110	131,7	98,4	97,9	22,3	23,6	29,1	604,9	743,1
		2533,3	120	141,3	98,5	97,9	22,8	24,3	29,1	698,0	762,8
		2800	130	153,3	98,4	97,9	22,2	24,0	29,4	837,5	776,8
2.	Daun segar Dengan perajangan	200	10	22,7	98,8	96,6	22,7	24,0	29,2	604,9	374,5
		400	20	31,3	98,8	97,1	22,8	24,3	29,4	698,0	543,2
		633,3	30	41,3	98,8	97,5	23,1	24,3	29,6	558,4	651,8
		833,3	40	49,7	98,7	97,7	22,8	24,5	29,9	791,0	712,4
		1033,3	50	62,0	98,8	97,9	22,9	24,3	29,7	651,4	708,4
		1266,7	60	72,3	98,7	98,0	22,9	24,1	29,5	558,4	745,0
		1466,7	70	83,0	98,7	98,0	22,3	23,5	29,7	558,4	751,2
		1633,3	80	86,7	98,7	98,4	22,8	24,5	29,9	791,0	800,8
		1833,3	90	93,7	98,7	98,0	22,3	23,9	29,6	744,5	831,9
		2066,7	100	113,3	98,5	98,0	22,4	23,9	29,5	698,0	775,7
		2366,7	110	122,7	98,4	97,9	21,8	23,6	29,2	837,5	820,6
		2700	120	133,7	98,5	98,0	22,2	23,6	29,1	651,4	859,3
		2833,3	123,3	138,0	98,5	98,1	22,3	24,4	29,2	977,1	873,6

Tabel 4.2 Data hasil pembuatan minyak kayu putih (lanjutan)

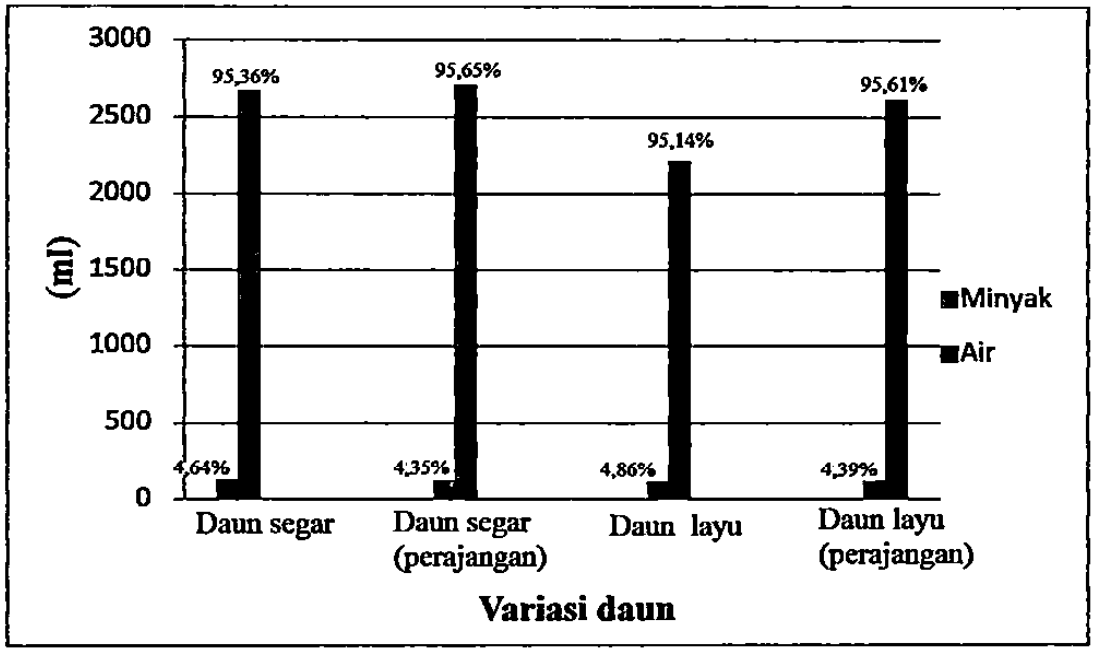
No.	Kondisi daun	Produksi Kondensat (ml)		Waktu (menit)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)	T_5 (°C)	$\dot{Q}_c$ (Watt)	$\dot{Q}_h$ (Watt)
		Campuran	Minyak								
3.	Daun layu Tanpa perajangan	233,3	10	25,0	98,7	96,1	22,1	23,4	29,1	604,9	396,6
		433,3	20	39,7	98,7	95,7	22,4	23,6	28,8	558,4	464,0
		453,3	30	53,3	98,7	97,4	22,6	23,8	29,9	558,4	361,3
		593,3	40	66,3	98,8	97,7	22,7	23,6	30,1	418,8	380,1
		1033,3	50	80,3	98,9	98,0	23,2	25,2	30,1	930,6	546,7
		1200	60	90,3	98,4	90,6	22,9	23,9	28,8	465,3	563,2
		1433,3	70	107,3	98,8	98,0	23,4	24,6	30,1	558,4	567,5
		1633,3	80	119,0	98,9	98,0	24,0	24,5	29,7	232,7	583,5
		1833,3	90	129,0	98,9	98,0	23,2	24,6	29,7	651,4	604,1
		1966,7	100	139,7	98,9	98,1	22,7	24,9	29,7	1023,7	598,5
		2233,3	110	154,3	98,9	98,1	22,9	24,3	29,5	651,4	615,5
		2333,3	113,3	163,7	98,8	98,1	24,1	24,8	30,4	325,7	605,2
4.	Daun layu Dengan perajangan	166,7	10	21,0	98,5	97,0	22,7	24,1	29,2	651,4	337,5
		366,7	20	32,3	98,5	97,2	22,4	23,6	29,5	558,4	482,5
		600	30	44,0	98,7	97,6	22,9	24,1	30,1	558,4	579,2
		800	40	54,3	98,5	97,7	23,1	24,5	30,5	651,4	625,3
		966,7	50	60,0	98,7	97,7	22,9	24,3	30,2	651,4	684,2
		1200	60	70,0	98,7	97,9	22,9	24,5	30,1	744,5	728,2
		1400	70	81,3	98,3	88,3	22,8	24,4	29,2	744,5	728,2
		1633,3	80	90,7	98,8	98,1	22,9	24,1	30,0	558,4	765,2
		1833,3	90	99,7	98,7	98,1	23,4	25,0	30,4	744,5	780,8
		2000	100	109,0	98,8	98,1	23,4	24,6	30,5	558,4	779,0
		2400	110	122,0	98,8	98,2	23,7	25,1	30,6	651,4	835,1
		2733,3	120	138,7	98,8	98,2	23,8	25,4	30,8	744,5	836,3

Pada percobaan ini terdapat beberapa hasil yang didapatkan pada perhitungan dari laju perpindahan kalor yang diberikan pada fluida panas ($\bar{Q}_h$), lebih besar dari pada laju perpindahan kalor yang diserap pada fluida pendingin ($\bar{Q}_c$). Hal itu disebabkan karena pada penghitungan dari laju perpindahan kalor yang diberikan pada fluida panas ($\bar{Q}_h$) mengasumsikan nilai pada kalor spesifik pada tekanan

4.3. Hasil Penyulingan

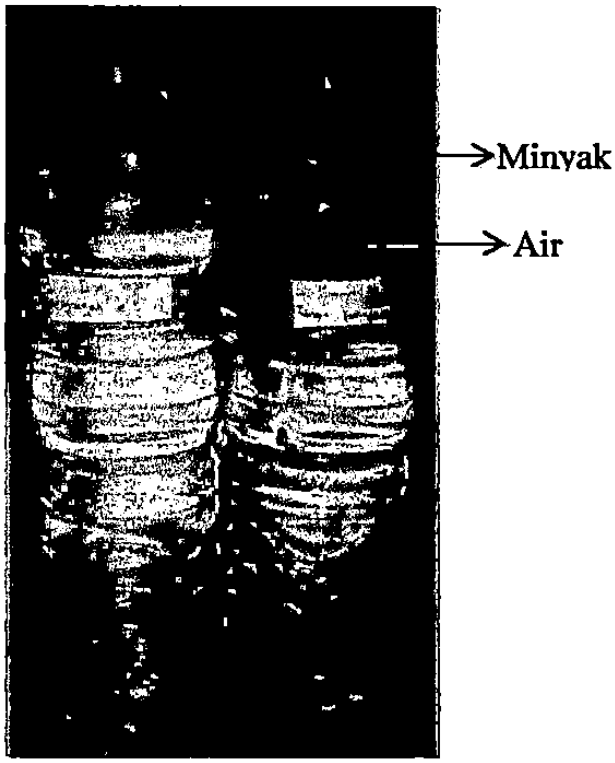
Dari pengujian dan pembuatan minyak kayu putih, dengan menggunakan daun kayu putih sebanyak 8 kg, maka didapatkan perbandingan sebagai berikut :

1. Perbandingan minyak dan air pada hasil penyulingan



Gambar 4.1 Grafik perbandingan air dan minyak pada hasil kondensat

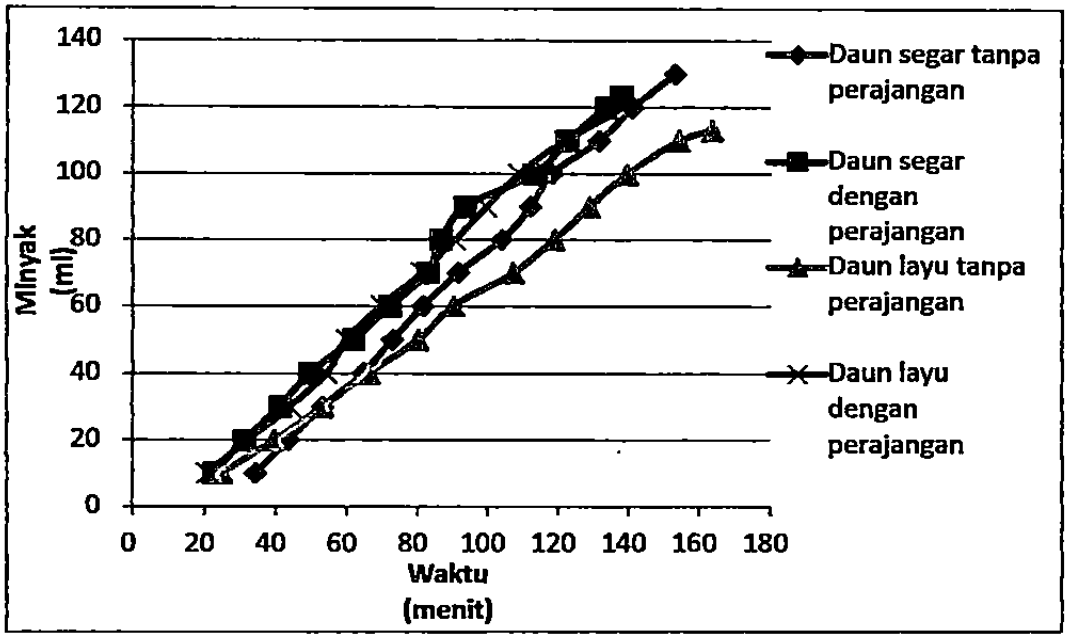
Berdasarkan gambar 4.1 grafik perbandingan air dan minyak pada hasil kondensat, menunjukkan jika daun kayu putih tanpa proses perajangan menghasilkan minyak yang lebih banyak pada hasil kondensatnya daripada



Gambar 4.2 Hasil kondensat

Perbedaan hasil tersebut terjadi karena pada proses perajangan membuat rongga-rongga pada tumpukan daun kayu putih yang berada di dalam keranjang daun, sehingga uap air yang digunakan untuk memanaskan / menguapkan daun kayu putih lebih banyak yang melewati keranjang daun dari pada menguapkan kandungan minyak pada daun kayu putih. Sedangkan pada daun kayu putih tanpa perajangan hasil minyaknya lebih banyak jika dibandingkan dengan daun dengan proses perajangan, karena pada daun kayu putih tanpa perajangan memiliki permukaan yang lebih besar sehingga pada keranjang daun, daun kayu putih tanpa perajangan tersebut tersusun secara rapat / berhimpit sehingga uap air secara perlahan-lahan menguapkan kandungan minyak kayu putih yang terdapat di dalam daun

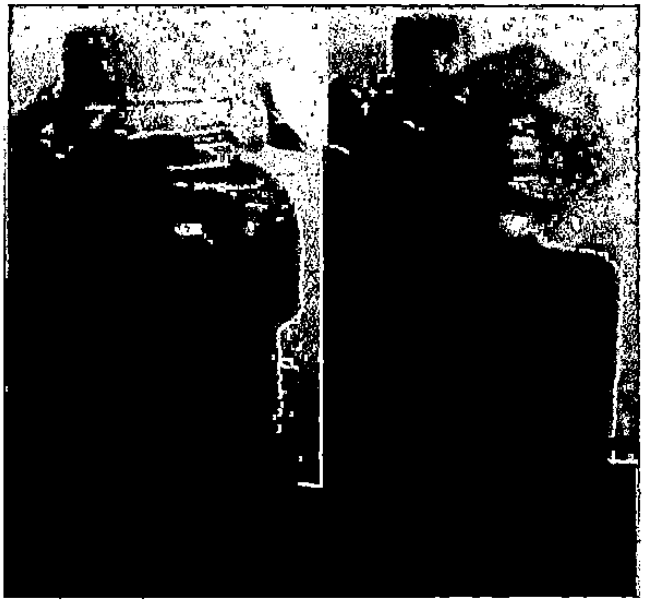
2. Perbandingan hasil kondensat terhadap waktu penyulingan



Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil kondensat terhadap waktu

Berdasarkan gambar 4.3 grafik perbandingan hasil kondensat terhadap waktu yang digunakan untuk proses destilasi, menunjukkan jika proses perajangan pada daun segar membuat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses destilasi menjadi lebih cepat, tetapi membuat kandungan minyak yang terdapat pada daun kayu putih tersebut berkurang. Sedangkan pada daun layu proses perajangan membuat kandungan minyak yang terdapat pada daun menjadi lebih banyak dan membuat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses destilasi menjadi lebih cepat jika dibandingkan dengan daun kayu putih layu tanpa perajangan.

Perbedaan hasil tersebut dikarenakan pada daun segar dengan proses destilasi, kandungan minyaknya hilang bersama kandungan air yang terdapat di daun kayu putih pada proses perajangannya sehingga hasil minyaknya lebih sedikit. Tetapi proses perajangan dapat membuat perpindahan panasnya menjadi lebih cepat pada saat proses destilasi, hal ini dikarenakan pada proses perajangan dapat membuat luas permukaan dari daun kayu putih menjadi lebih kecil sehingga proses perpindahan panasnya lebih cepat.



(a) (b)

Gambar 4.4 (a) Hasil minyak pada daun segar tanpa perajangan
(b) Hasil minyak pada daun segar dengan proses perajangan

Pada daun kayu putih layu dengan proses perajangan tidak membuat kandungan minyak dari daun tersebut hilang, karena kandungan air yang terdapat pada daun kayu putih lebih sedikit, sehingga pada proses perajangan air yang keluar bersama kandungan minyak yang terdapat pada daun tidak sebanyak daun segar dengan proses perajangan. Pada proses perajangan dapat membuat waktu yang dibutuhkan untuk mendestilasikan daun kayu putih layu menjadi lebih cepat

(a) (b)

Gambar 4.5 (a) Hasil minyak pada daun layu tanpa perajangan
(b) Hasil minyak pada daun layu dengan perajangan

4.4. Pembahasan

Setelah melakukan pengujian dengan metode destilasi air dan uap menggunakan daun kayu putih segar dan layu sebanyak 8 kg dan menggunakan air sebanyak 30L yang terdapat pada ketel suling (*retort*) didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.3 Waktu dan hasil minyak kayu putih

Kondisi	Perlakuan	Hasil (ml)	Waktu (menit)
Daun segar	Tanpa perajangan	130	153,3
	Dengan perajangan	123,3	138
Daun layu	Tanpa perajangan	113,3	163,7
	Dengan perajangan	120	138,7

Dari data yang didapatkan dari pengujian, maka dapat disimpulkan jika daun kayu putih segar dengan perajangan memiliki daun yang paling baik untuk didestilasi karena waktu yang dibutuhkan untuk proses destilasi menjadi lebih singkat dari pada pada daun kayu putih lainnya dan minyak yang dihasilkan tidak berbeda jauh jika dibandingan dengan daun segar tanpa perajangan. Sehingga pada daun kayu putih dengan perajangan dapat menghemat penggunaan bahan bakar yang di pakai untuk pemanasan air untuk proses penguapan.

Tabel 4.4 Air pada ketel suling (*retort*) sebelum dan sesudah destilasi

No	Kondisi	Air pada retort sebelum didestilasi (L)	Air pada retort sesudah didestilasi (L)
1.	Daun segar tanpa perajangan	30	26,0
2.	Daun segar dengan perajangan	30	26,0
3.	Daun layu tanpa perajangan	30	26,5
4.	Daun layu dengan perajangan	30	25,9

Pada tabel 4.4 Air pada ketel suling (*retort*) sebelum dan sesudah destilasi, dapat diketahui jika proses destilasi dengan menggunakan metode uap dan air, sisa air yang terdapat pada retort sebanyak ± 4 liter, sehingga penggunaan air sebanyak 30 liter membuat waktu yang dibutuhkan untuk air mencapai temperatur