

**PEMBANGUNAN DAN PENGUJIAN SISTEM PENGERING TERBANTU SURIA  
BERSKALA BESAR UNTUK SERAT KENAF DI CHUPING PERLIS**

**AG SUFIYAN BIN ABD HAMID**

**TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH  
IJAZAH DOKTOR FALSAFAH**

**INSTITUT PENYELIDIKAN TENAGA SURIA  
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA  
BANGI**

**2022**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

### PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

13 Mei 2022

  
AG SUFIYAN BIN ABD HAMID  
P86585



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang maha pemurah lagi maha pengasihani. Maha suci Allah, segala puji bagiNya, tiada tuhan berhak disembah selainNya dan Dialah tuhan sekalian alam. Selawat dan salam ke atas junjungan Nabi Muhammad s.a.w. Saya bersyukur kepada Allah kerana berkat dan kekuasaanNya dapat saya menyiapkan tesis ini.

Terima kasih diucapkan kepada isteri tersayang Nur Hasanah serta anak-anak yang dikasihi, Hafiy dan Shahadah. Pengorbanan dan sokongan yang diberikan sangat tinggi nilainya. Terima kasih juga buat ibubapa, mertua, adik-beradik serta keluarga yang lain kerana memahami dan menyokong usaha dalam pengajian saya.

Penghargaan ini juga khas buat penyelia utama Prof. Dr. Sohif Mat dan Dr. Adnan Ibrahim kerana berkorban mendidik saya sepanjang perjalanan ini. Tidak dilupakan juga Prof. Dato' Dr. Kamaruzzaman Sopian, Prof. Dr. Mohd Hafidz Ruslan dan Dr. Hasila Jarimi kerana sama-sama menyelia saya. Selain itu, sokongan dan bantuan daripada kakitangan SERI juga banyak membantu saya.

Saya juga ingin menghargai beberapa jabatan dan agensi yang terlibat seperti Institut Penyelidikan Tenaga Suria, Universiti Kebangsaan Malaysia iaitu tempat saya menimba ilmu sepanjang pengajian. Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara kerana memberi sokongan dengan menjalin kerjasama dalam penyelidikan ini. Fakulti Sains dan Sumber Alam, Universiti Malaysia Sabah sebagai majikan kerana sokongan dan peluang yang diberikan.

Buat rakan-rakan, pelajar-pelajar SERI, serta individu atau pihak yang membantu dan terlibat secara langsung atau pun tidak langsung.

Semoga kalian semua mendapat keberkatan dunia dan akhirat. Semoga ijazah doktor falsafah ini akan memberi manfaat kepada kita semua.



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## ABSTRAK

Penggunaan sistem pengering suria termaju dalam industri pertanian merupakan revolusi ke arah pertanian moden dan mesra alam. Sebuah pengering terbantu suria telah dibangunkan untuk mengeringkan serat kenaf. Pengering ini mempunyai komponen-komponen seperti pengumpul tiub vakum, tangki berpenebat, pemanas, pengendali udara (penukar haba dan penghembus), pam dan kebuk. Objektif kajian ini adalah untuk membangunkan pengering terbantu suria untuk serat kenaf (*Hibiscus Cannabinus L*), menjalankan penilaian prestasi dan optimasi, dan menganalisa pengering dari aspek teknoekonomi. Pembangunan pengering dilakukan berdasarkan penentuan beberapa komponen utama iaitu luas pengumpul, muatan tangki, dimensi kebuk dan muatan beban. Penilaian prestasi pengering diuji berdasarkan prestasi umum, kecekapan dan eksersgi. Prestasi umum adalah kadar penyejatan air MER, kadar penyejatan air spesifik SMER dan penggunaan tenaga spesifik SEC. Kecekapan yang dinilai pula adalah kecekapan pengumpul, kecekapan tangki, kecekapan terma dan kecekapan pengeringan. Dari sudut eksersgi adalah eksersgi masuk, eksersgi keluar dan eksersgi musnah. Perbandingan antara simulasi Ansys fluent dengan ujian di tapak juga dilakukan. Optimasi pengering dilakukan dengan melakukan pemerhatian terhadap prestasi pengering dalam tiga keadaan iaitu: optimasi beban (1000kg, 1200kg, 1400kg), optimasi keamatan sinaran ( $\geq 4.0\text{PSH}$  dan  $<4.0\text{PSH}$ ) dan optimasi strategi penghembus (tanpa penghembus, bersela dan berterusan). Seterusnya tempoh pulangan balik pengering dapat dianggarkan berdasarkan analisis teknoekonomi daripada nilai-nilai seperti kos pengering, kos operasi, harga serat, kekerapan pengeringan dan pendapatan tahunan. Berdasarkan dapatan literatur, rumus-rumus dan ujian awal mendapatkan luas pengering, muatan tangki, dimensi kebuk (luas-tinggi) dan muatan beban yang diperolehi masing-masing adalah  $48.45\text{m}^2$ , 1200L,  $58.73\text{m}^2 - 2.5\text{m}$  dan 1412kg. Pengeringan telah dijalankan dengan nilai kandungan air asas basah awal dan akhir masing-masing ialah 76% dan 16%. Nilai MER, SMER dan SEC masing-masing adalah 73.3kg/h, 2.38kg/kWh dan 1.08kWh/kg. Pemerhatian mendapatkan kecekapan-kecekapan berubah-ubah bergantung kepada suhu sekitar. Nilai-nilai kecekapan pengumpul, tangki, terma dan pengeringan masing-masing sekitar 86.4%, 47.6%, 41.0% dan 46.4%. Analisa eksersgi menyimpulkan kadar eksersgi musnah adalah tinggi bermula pagi hingga ke petang. Ujian optimasi menunjukkan pengeringan terbaik direkodkan daripada gabungan beban 1400kg, keamatan  $\geq 4.0\text{PSH}$  dan strategi penghembus bersela. Akhir sekali, hasil teknoekonomi menunjukkan tempoh pulangan balik adalah 3.68 tahun.



## DEVELOPMENT AND TESTING OF A LARGE-SCALE SOLAR-ASSISTED DRYER SYSTEM FOR KENAF FIBER IN CHUPING PERLIS.

### ABSTRACT

Advanced solar drying in the agricultural industry is a revolution towards modern and environmentally friendly agriculture. A solar-assisted dryer has been developed to dry kenaf fibre. This dryer has a vacuum tube collector, insulated tank, heater, air handling unit (heat exchanger and blower), pump, and chamber. The objective of this study was to develop a solar-assisted dryer for kenaf fibre (*Hibiscus Cannabinus L*), conduct performance evaluation and optimization, and analyse the dryer from a technoeconomic aspect. Dryer development was done to determine the main components, namely collector area, tank capacity, chamber dimension, and load capacity. The dryer was tested based on general performances, efficiencies, and exergies. The general performances including Moisture Extraction Rate MER, Specific Moisture Extraction Rate SMER, and Specific Energy Consumption SEC. The efficiencies assessed are collector efficiency, tank efficiency, thermal efficiency, and drying efficiency. The exergies estimated are inflow exergy, outflow exergy, and exergy destruction. Dryer optimization was done by evaluating the dryer in three different conditions, namely: load optimization (1000kg, 1200kg, 1400kg), insolation optimization ( $\geq 4.0\text{OPSH}$  and  $<4.0\text{OPSH}$ ), and blower strategy optimization (without, intermittent, and continuous blowing). Next, the technoeconomic analysis was performed, then the payback period of the dryer can be estimated. Based on literature findings, formulas and a preliminary test, the dryer area, tank capacity, chamber dimensions (area-height), and load capacity obtained are  $48.45\text{m}^2$ , 1200L,  $58.73\text{m}^2 \times 2.5\text{m}$  and 1412kg, respectively. Drying was carried out with the initial and final wet base moisture content values of 76% and 16%, respectively. The calculated MER, SMER, and SEC values are 73.3kg/h, 2.38kg/kWh, and 1.08kWh/kg, respectively. Observation found that the efficiencies varied depending on the ambient temperature. The values of collector efficiency, tank efficiency, thermal efficiency, dan drying efficiency are around 86.4%, 47.6%, 41.0%, and 46.4%, respectively. The exergy analysis concluded that the destruction exergy rate was high from morning to evening. Optimization test shows the best drying was recorded from a combination of 1400kg load, intensity  $\geq 4.0\text{OPSH}$  and intermittent blowing strategy. Finally, the technoeconomic result shows a payback period of 3.68 years.



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## KANDUNGAN

	<b>Halaman</b>
<b>PENGAKUAN</b>	ii
<b>PENGHARGAAN</b>	iii
<b>ABSTRAK</b>	iv
<b>ABSTRACT</b>	v
<b>KANDUNGAN</b>	vi
<b>SENARAI JADUAL</b>	ix
<b>SENARAI RAJAH</b>	x
<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xix

<b>BAB I</b>	<b>PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1	Pengenalan	1
1.2	Latar Belakang Kajian	1
1.3	Penyataan Masalah	6
1.4	Hipotesis Kajian	7
1.5	Objektif Kajian	7
1.6	Skop Kajian	8
1.7	Struktur Kandungan Tesis	8

<b>BAB II</b>	<b>KAJIAN LITERASI</b>	<b>11</b>
2.1	Pengenalan	11
2.2	Mekanisma Asas Pengeringan	11
2.3	Pengumpul sebagai komponen utama pengering suria	16
2.4	Evolusi sistem pengering suria	28
2.4.1	Pengering Suria Pasif	28
2.4.2	Pengering Suria Aktif	51
2.4.3	Pengering Suria Hibrid	62
2.5	Serat Kenaf	90

<b>BAB III</b>	<b>KAEDAH KAJIAN</b>	<b>96</b>
3.1	Pengenalan	96
3.2	Pembangunan Sistem Pengering Suria	97



3.3	Simulasi Dinamik Bendalir	100
3.4	Ujian Pengeringan Ditapak	101
3.5	Perbandingan Antara Simulasi dan Ujian Ditapak.	107
3.6	Ujian Optimasi operasi pengeringan	109
3.7	Analisis Teknoekonomi	111
<b>BAB IV</b>	<b>REKA BENTUK SISTEM PENGERING SURIA</b>	<b>113</b>
4.1	Pengenalan	113
4.2	Maklumat Serat Kenaf	114
4.3	Kebuk Pengeringan	115
4.4	Tangki Simpanan Air	116
4.5	Pengumpul Suria Jenis Tiub Vakum Jenis Paip Haba	117
4.6	Pam Edaran Air	118
4.7	Unit Pengendali Udara	119
4.8	Pemanas	119
4.9	Tangki Pengembangan	120
4.10	Panel Kawalan Elektrik	122
4.11	Operasi Pengendalian Pengering dan Langkah Keselamatan	123
<b>BAB V</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>127</b>
5.1	Pengenalan	127
5.2	Ujian Pengeringan.	127
5.3	Simulasi Dinamik Bendalir Berkomputeran CFD Kebuk Pengeringan.	139
5.4	Analisisi Teknoekonomi Pengeringan Serat Kenaf	146
5.5	Perbandingan dan Ujian Optimasi.	148
5.5.1	Optimasi Beban	149
5.5.2	Optimasi Insolasi Suria	152
5.5.3	Optimasi Strategi Penghembus	154
<b>BAB VI</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>160</b>
6.1	Rumusan	160
6.2	Impak Kajian	161
6.3	Cadangan dan Penambahbaikan	161



<b>RUJUKAN</b>	<b>163</b>
<b>LAMPIRAN A</b>	<b>172</b>
<b>LAMPIRAN B</b>	<b>176</b>



## SENARAI JADUAL

<b>No. Jadual</b>	<b>Halaman</b>
Jadual 1.1 Kajian kaedah pengeringan kenaf yang dijalankan oleh penyelidik lain.	5
Jadual 2.1 Perbandingan antara rendaman dedahan embun, air, enzim dan kimia	93
Jadual 3.1 Maklumat pengesan yang digunakan untuk merekod data.	104
Jadual 3.2 Ujian optimasi pengering suia untuk serat kenaf.	110
Jadual 4.1 Pecahan bahagian kenaf selepas dituai.	115
Jadual 5.1 Parameter dan prestasi pengering secara keseluruhan.	137
Jadual 5.2 Maklumat bahan binaan pengering	143
Jadual 5.3 Pengiraan kos operasi $C_{op}$ pengeringan suria.	147
Jadual 5.4 Hasil optimasi beban untuk ujian A (1400 kg), B (1200 kg) dan C (1000 kg).	152
Jadual 5.5 Dapatan ujian optimasi insolasi A ( $PSH \geq 4$ ) dan D ( $PSH < 4$ ).	153
Jadual 5.6 Ujian optimasi strategi penghembus A (berterusan) dan E (bersela).	156
Jadual 5.7 Nilai prestasi pengering ujian A, B, C, D, E dan F.	157



## SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
Rajah 1.1	Penggunaan elektrik dalam sektor pertanian	2
Rajah 1.2	Tanaman kenaf yang ditanam di Lemah Chuping, Perlis.	3
Rajah 1.3	Produk kenaf mengikut bahagian pokok dan sektor.	4
Rajah 1.4	Anggaran bekalan dan permintaan kenaf dunia 2012 hingga 2021	4
Rajah 1.5	Masalah yang dihadapi oleh pengeringan kaedah konvensional.	6
Rajah 2.1	Lengkuk pengeringan	13
Rajah 2.2	Lengkuk kadar pengeringan.	14
Rajah 2.3	Lengkuk kadar pengeringan umum.	15
Rajah 2.4	Jenis-jenis pengumpul suria.	17
Rajah 2.5	Pengumpul terma jenis plat rata	17
Rajah 2.6	Pengumpul suria legam	18
Rajah 2.7	Pengumpul tiub vakum dan kedudukan tiub kedua sepusat tiub.	19
Rajah 2.8	Gambaran pengumpul air dalam kaca, jenis-U dan paip haba.	19
Rajah 2.9	Pengumpul suria terma menggunakan udara dan produk komersial	20
Rajah 2.10	Pengumpul suria plat rata berpenumpu	21
Rajah 2.11	Pengumpul suria parabola sebatian	21
Rajah 2.12	Pengumpul suria parabola paluh	22
Rajah 2.13	Pengumpul suria berpenumpu heliostat.	23
Rajah 2.14	Pengumpul suria berpenumpu Fresnel lelurus.	23
Rajah 2.15	Pengumpul suria berpenumpu parabole piring	24



Rajah 2.16	Pengumpul hibrid fotovoltaik terma PV/T.	24
Rajah 2.17	Sistem pengumpul suria binaan bersepadu mengikut binaan bangunan.	25
Rajah 2.18	Pengumpul terma udara binaan bersepadu dengan atap dan pengumpul terma udara binaan bersepadu di dalam mukaan bangunan.	26
Rajah 2.19	Pengumpul suria berpenumpu mikro.	27
Rajah 2.20	Jenis-jenis pengering suria.	28
Rajah 2.21	Pengering suria kabinet (jenis dulang).	29
Rajah 2.22	Pengering suria mudah alih jenis dulang.	29
Rajah 2.23	Pengering suria langsung jenis kabinet.	30
Rajah 2.24	Pengering suria langsung jenis kabinet yang dikaji.	30
Rajah 2.25	Pengering suria langsung jenis kabinet	31
Rajah 2.26	Pengering suria domestik dengan pintu terbuka	32
Rajah 2.27	Pengering suria langsung jenis kabinet	32
Rajah 2.28	Pengering suria jenis tangga.	33
Rajah 2.29	Pengering suria jenis pendakap.	34
Rajah 2.30	Pengering suria jenis simen pelbagai guna	34
Rajah 2.31	Pengering suria olakan semulajadi jenis tidak langsung	35
Rajah 2.32	Pandangan seksyen (a) dan lukisan isometrik (b) pengering suria mod campuran.	36
Rajah 2.33	Pengering suria a) mod campuran b) mod tidak langsung	36
Rajah 2.34	Keratan rentas pengering suria	37
Rajah 2.35	Pengering suria pasif mod campuran dari pandangan a) depan dan b) belakang	38



Rajah 2.36	Pengering suria olakan semulajadi pelbagai guna	39
Rajah 2.37	Pengering suria pasif mod campuran pelbagai guna jenis olakan semulajadi angin	40
Rajah 2.38	Pengering suria olakan semulajadi mod campuran jenis cerobong	41
Rajah 2.39	Pandangan tepi a) dan perincian rak pelbagai dulang b) pengering suria pelbagai rak mudah alih	42
Rajah 2.40	Gambaran umum pengering suria	42
Rajah 2.41	Pengering kabinet penyerap terbalik RACD	43
Rajah 2.42	Ilusterasi pengering kelompang	44
Rajah 2.43	Pengering suria bumbung kaca olakan semulajadi	45
Rajah 2.44	Pengering rumah hijau terowong olakan semulajadi	45
Rajah 2.45	Pengering rumah hijau kitaran semulajadi. a) pengering suria khemah b) pengering suria rumah c) pengering suria kubah dengan pengendalian ikan	46
Rajah 2.46	Pengering rumah hijau. a) Rak pengeringan dalam pengering suria jenis pendakap b) Pengering suria rumah dan c) Pengering suria kubah untuk pengendalian ikan	47
Rajah 2.47	Pengering suria boleh lipat untuk tanaman	48
Rajah 2.48	Pengering rumah hijau ringkas	49
Rajah 2.49	Ilusterasi skematik pengujian pengering suria olakan semulajadi	50
Rajah 2.50	Skematik sistem pengering suria	51
Rajah 2.51	Ilusterasi kitaran paksaan. a) Penghemus di masukkan pengumpul b) Kipas dikeluaran kebuk pengeringan dan c) penghemus di antara pengumpul dan kebuk pengeringan	52
Rajah 2.52	Ilusterasi pengering paksaan tidak langsung	52
Rajah 2.53	Pengering suria tidak langsung olakan paksaan	54
Rajah 2.54	a) Diagram pengering kelompok suria b) Diagram pengumpul dan c) Diagram dalaman kebuk pengeringan	55



Rajah 2.55	Pengering suria yang mempunyai dua lembaran penyerap beralun dengan ciri Z-berbalik laluan udara.	56
Rajah 2.56	Ilusterasi pengering tidak langsung olakan paksaan	57
Rajah 2.57	Pengering suria yang diintegrasi dengan penyahlembapan	58
Rajah 2.58	Lakaran pengering jenis terowong Hohenheim	58
Rajah 2.59	Pengering kolumn berputar silinder	59
Rajah 2.60	Pengering terowong rumah hijau olakan paksaan a) pandangan depan b) pandangan atas dan c) skema operasi	60
Rajah 2.61	Gambaran umum pengering suria terowong	61
Rajah 2.62	Pengering suria rumah hijau olakan paksaan	62
Rajah 2.63	Keratan rentas pengering a) merangkap pemanas air b) lapisan batu penyimpan dan c) diagram komponen pengering	63
Rajah 2.64	Pandangan keratan rentas pengering tanaman dengan pemanas udara pelbagai laluan dan simpanan terma dengan pemantul	65
Rajah 2.65	Pandangan keratan rentas pengering tanaman dengan pemanas udara pelbagai laluan dan simpanan terma tanpa pemantul	65
Rajah 2.66	Pandangan keratan rentas pengering suria olakan semulajadi dengan simpanan haba.	66
Rajah 2.67	Pengering suria tidak langsung olakan semulajadi dengan penyimpan	67
Rajah 2.68	(a) Skematik pengering suria olakan semulajadi (b) Keratan rentas pengumpul	68
Rajah 2.69	Skematik sistem suria terbantu oleh kipas	69
Rajah 2.70	Gambarajah skematik pengering suria rak bertingkat jenis mod campuran	69
Rajah 2.71	Unit pemanas pengering suria hibrid	70
Rajah 2.72	Kebuk pengeringan dan pemanas udara suria	70
Rajah 2.73	Skematik pengering suria terbantu dengan pengumpul alur-V	71



Rajah 2.74	Skematic pengumpul suria dua laluan dengan bahan poros dalam laluan kedua	72
Rajah 2.75	Susunan pengumpul suria untuk sistem pengering suria	72
Rajah 2.76	(a) Sistem pengering suria bumbung bersepadu dan (b) tong pengering	73
Rajah 2.77	Perincian bahagian pengering suria terbantu olakan paksaan	74
Rajah 2.78	Pengering suria biojisim	74
Rajah 2.79	Pengering suria hibrid: (a) Konfigurasi dapur penggas dan (b) Kebuk pengeringan	75
Rajah 2.80	Keratan rentas pengering: (a) Pandangan sisi dan (b) Pandangan belakang	76
Rajah 2.81	Pandangan keratan rentas pengering suria meliputi pembakar, pengumpul, kebuk pengeringan dan cerobong suria	76
Rajah 2.82	Prototaip ujikaji pengering suria langsung jenis hibrid	77
Rajah 2.83	Skematic sistem pengering suria terbantu (kiri) dan foto almari pengeringan di dalam bangunan dan pengumpul suria di atas bangunan yang sama (kanan)	78
Rajah 2.84	Pengering suria lapisan bertingkat	79
Rajah 2.85	Pengering suria olakan paksaan untuk bijirin	79
Rajah 2.86	Gambaran umum pengering gabungan	80
Rajah 2.87	Sistem pengering suria terbantu	81
Rajah 2.88	Terowong pengering suria	82
Rajah 2.89	Pengering suria bijian yang dilengkapi dengan kipas arus terus fotovoltan	83
Rajah 2.90	Skematic pengering suria bermodul	84
Rajah 2.91	Keratan rentas pengering suria yang telah diuji	84
Rajah 2.92	Sistem pengumpul fotovoltan-terma dengan sirip	86



Rajah 2.93	Prestasi keseluruhan pengumpul suria PVT dengan laluan tunggal, dua laluan, dua laluan dengan sirip dan dua laluan dengan CPC dan sirip	86
Rajah 2.94	Pengering rumah hijau dengan PVT hibrid	87
Rajah 2.95	Lakaran konponen-komponen pengering pam haba kimia bantuan suria	88
Rajah 2.96	Sistem penyahlembapan terbantu suria	90
Rajah 2.97	Tanaman kenaf yang digunakan dalam ujikaji ini.	91
Rajah 2.98	Proses-proses penghasilan serat kenaf bermula dari penanaman.	91
Rajah 2.99	Keratan rentas batang pokok kenaf yang menunjukkan pulur dan serat.	92
Rajah 2.100	Mesin dikortikasi yang digunakan di Chuping.	93
Rajah 2.101	Pengeringan terbuka merupakan kaedah konvensional yang biasa diamalkan.	94
Rajah 2.102	Bongkah (a) dan label (b) serat kenaf yang diikat.	95
Rajah 3.1	Carta alir metodologi kajian	97
Rajah 3.2	Carta alir pembangunan sistem pengering suria	98
Rajah 3.3	Carta alir simulasi dinamik bendalir	101
Rajah 3.4	Pyranometer dan meter elektrik yang digunakan	102
Rajah 3.5	Pengesan suhu jenis-J berkuar dan unit kimo TH100.	102
Rajah 3.6	Sel beban dan penimbang digital berpelantar	103
Rajah 3.7	Anemometer mudah alih model LCA301	103
Rajah 3.8	Pengelog data Graphtec GL-830.	104
Rajah 3.9	Kedudukan pengesan pada pengering suria.	105
Rajah 3.10	Ilusterasi kedudukan pengesan	108



Rajah 3.11	Pengesan unit TH100 dan pengganding haba pada kedudukan berbeza di dalam kebuk.	108
Rajah 4.1	Gambar pengering suria di tapak kajian.	113
Rajah 4.2	Lakaran skematik pengering suria.	113
Rajah 4.3	a) Lukisan pelan, b) gambaran 3D dan c) binaan kebuk pengeringan.	116
Rajah 4.4	Tangki simpanan berpenebat	117
Rajah 4.5	Pengumpul suria tuib vakum	117
Rajah 4.6	Pam utama (kiri) dan sekunder (kanan)	119
Rajah 4.7	Unit pengendali udara.	119
Rajah 4.8	Pemanas air elektrik.	120
Rajah 4.9	Tangki pengembangan	122
Rajah 4.10	Panel kawalan elektrik dan unit SC300	122
Rajah 4.11	Kedudukan injap-injap dan komponen elektrik dalam pengering.	123
Rajah 4.12	Tekanan dilepaskan daripada sistem jika tekanan lampau terjadi.	125
Rajah 5.1	Nilai kandungan air asas basah kaedah suria dan konvensional.	128
Rajah 5.2	Kedudukan parameter yang diukur semasa ujian dijalankan.	129
Rajah 5.3	Nilai keamatan sinaran suria S, suhu sekitar Ta, suhu masuk T5 dan suhu keluar T6 kebuk pengeringan.	129
Rajah 5.4	Anggaran berat serat panjang kenaf sepanjang proses pengeringan suria.	130
Rajah 5.5	Kadar pengeringan dan kandungan air serat kenaf.	131
Rajah 5.6	Kecekapan pengumpul pengering suria mengikut hari dan masa.	132
Rajah 5.7	Kecekapan pengumpul bersandarkan parameter $(T_2 - T_1)/S$ .	133
Rajah 5.8	Kecekapan tangki simpanan pengering suria.	134



Rajah 5.9	Ilusterasi campuran dan pergerakan air dalam tangki simpanan.	134
Rajah 5.10	Kecekapan terma pengering suria.	135
Rajah 5.11	Kecekapan pengeringan pengering suria.	136
Rajah 5.12	Purata eksjerji kebuk pengeringan sistem suria.	139
Rajah 5.13	Nilai eksjerji sepanjang tempoh pengeringan.	139
Rajah 5.14	Lukisan pelan kebuk pengeringan sistem suria	140
Rajah 5.15	Jejaring yang dijana oleh Ansys untuk kebuk pengeringan.	141
Rajah 5.16	Perbezaan jejaring antara permukaan atas (atas) dan keratan rentas dalam kebuk (bawah).	142
Rajah 5.17	Perbezaan jejaring antara permukaan tepi (bawah) dan keratan rentas dalam kebuk (bawah)	142
Rajah 5.18	Aliran udara dalam kebuk pengeringan.	143
Rajah 5.19	Keratan rentas simulasi sebaran haba di awal (kiri) dan akhir (kanan) pengeringan.	144
Rajah 5.20	Simulasi sebaran haba ke atas serat kenaf secara keseluruhan.	145
Rajah 5.21	Hasil tunai dan nilai tempoh bayaran balik pengering suria	148
Rajah 5.22	Kandungan air dan berat ujian optimasi A (1400 kg), B (1200 kg) dan C (1000 kg)	149
Rajah 5.23	Nilai MER, SMER dan SEC untuk ujian A (1400 kg), B (1200 kg) dan C (1000 kg)	150
Rajah 5.24	Hasil tunai ujian dan tempoh pulangan balik PP ujian A (1400 kg), B (1200 kg) dan C (1000 kg).	151
Rajah 5.25	Kandungan air dan keamatan sinaran suria untuk ujian A ( $PSH \geq 4$ ) dan D ( $PSH < 4$ ).	152
Rajah 5.26	Penghemus yang berada di dalam unit pengendali udara.	154



Rajah 5.27 Kandungan air dan tenaga elektrik untuk ujian A (berterusan) dan E (bersela).	155
Rajah 5.28 Optimasi strategi penghembus ujian A (berterusan) dan E (bersela)	157
Rajah 5.29 Nilai MER, SMER dan SEC ujian A, B, C, D dan E.	157
Rajah 5.30 Kandungan air asas basah ujian A, B, C, D dan E.	158
Rajah 5.31 Hasil tunai untuk ujian A, B, C, D dan E.	158



**SENARAI SINGKATAN**

INTROP	Institute Of Tropical Forestry And Forest Product
LKTN	Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara
MARDI	Malaysian Agricultural Research and Development Institute
ROI	Return of Investment
PP	Payback Period
PSH	Peak Sun Hour
PV	Photovoltek
PVT	Photovoltek Terma
RPM	Revolution per Minute
MER	Moisture Extraction Rate
SMER	Specific Moisture Extraction Rate
SEC	Specific Energy Consumption



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 PENGENALAN**

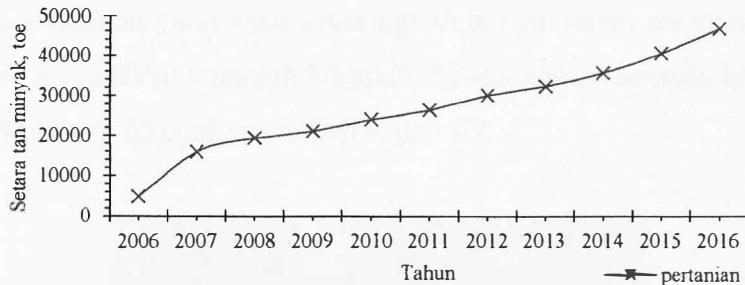
Bab I merupakan perbincangan awal yang akan membawa kepada kajian penggunaan sistem suria untuk pengeringan serat kenaf. Bab ini dimulakan dengan latar belakang kajian yang memberikan maklumat ringkas tentang tenaga keterbaharuan, tenaga suria dalam pengeringan produk pertanian, tanaman kenaf dan pengeringan kenaf. Kajian ini berpotensi dapat menyelesaikan beberapa isu yang akan dinyatakan dalam pernyataan masalah. Objektif kajian akan dinyatakan akan menjadi teras utama kajian diikuti oleh skop kajian dalam bahagian 1.5. Akhir Bab I akan menerangkan secara ringkas struktur kandungan tesis setiap bab dalam tesis ini.

#### **1.2 LATAR BELAKANG KAJIAN**

Kajian ini adalah berkenaan penggunaan sumber tenaga keterbaharuan dalam bidang pertanian. Sumber tenaga yang terbahagi kepada tenaga lazim dan keterbaharuan. Secara umum, tenaga lazim dijana daripada bahan api fosil manakala tenaga keterbaharuan terjana sendirinya secara semulajadi. Berdasarkan laporan *Malaysia Energy Commission* (2018), penjanaan tenaga daripada sumber keterbaharuan adalah sedikit iaitu 0.4 % berbanding sumber tenaga lain. Penggunaan tenaga dalam sektor pertanian pula meningkat sehingga mencapai 543 GWh. Sejak tarif elektrik khas diperkenalkan pada tahun 2006, statistik menunjukkan corak penggunaan elektrik dalam sektor pertanian meningkat setiap tahun. Kenaikan tahunan adalah sebanyak 85.7 % bersamaan dengan 4186.1 toe/yr. Keadaan ini ditunjukkan dalam Rajah 1.1.



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



Rajah 1.1 Penggunaan elektrik dalam sektor pertanian

Sumber: Malaysia Energy Commission 2018

Penjanaan elektrik negara adalah 150442 GWh. Nilai ini dipecahkan mengikut jenis bahan api iaitu arang batu 46 %, gas asli 39.7 %, hidro 13.3 %, minyak 0.7 % dan keterbaharuan 0.4 % (Malaysia Energy Commission 2018). Nilai-nilai menunjukkan penjanaan tenaga keterbaharuan adalah yang terkecil. Isu timbul kerana ketidakseimbangan antara peningkatan penggunaan dan penjanaan tenaga keterbaharuan dalam perspektif sektor pertanian. Peningkatan aktiviti pertanian dapat diperhatian berdasarkan penggunaan tenaga yang tidak selari dengan sumbangan tenaga keterbaharuan dalam campuran penjanaan tenaga negara.

Penggunaan sumber tenaga keterbaharuan mempunyai kebaikan daripada segi penjimatan penggunaan tenaga lazim dan mesra alam. Salah satu aplikasi sumber ini yang semakin mendapat perhatian adalah penggunaan tenaga suria untuk tujuan pengeringan hasil pertanian. Ulasan Fudholi et al. (2010) telah membincangkan potensi dan halatuju penggunaan pengering suria dalam pertanian. Perbincangan tersebut termasuklah jenis-jenis sistem pengering suria yang terbahagi kepada olakan pasif, olakan aktif dan hibrid. Beberapa kajian kes diulas mengikut produk pertanian terpilih seperti pengeringan epal, pisang, kacang gajus, ubi kayu, kubis bunga, cili, kopra, koko, buah ara, anggur, kacang hijau, mangga, bawang, padi, nenas, bunga rosel, strawberi, teh, tembakau, tomato, kunyit, kelapa sawit dan daun pegaga. Akhir ulasannya menyatakan halatuju pengering suria dalam pertanian akan menumpu kepada reka bentuk pengumpul padat, berkecekapan tinggi, ruang simpanan berintigrasi dan mempunyai jangka hayat yang panjang.



Produk pertanian yang akan dikeringkan dalam kajian ini adalah serat kenaf. Tanaman kenaf merupakan tanaman komoditi ketiga negara selepas kelapa sawit dan getah. Tanaman kenaf ditunjukkan dalam Rajah 1.2.

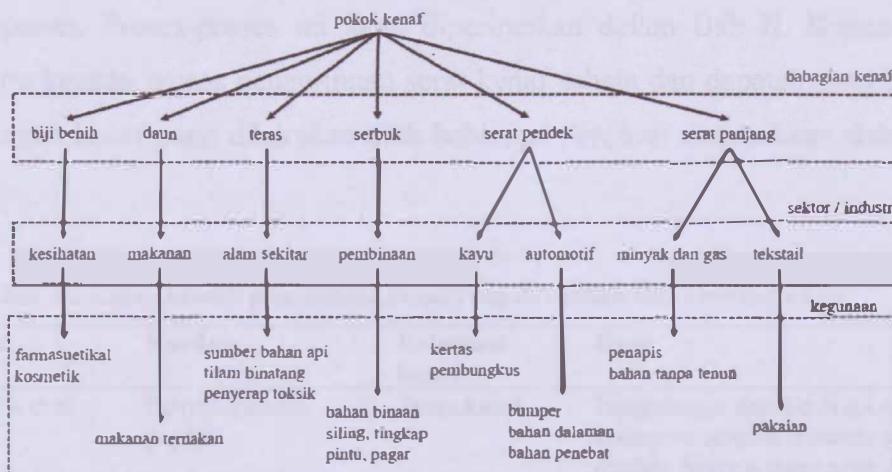


Rajah 1.2 Tanaman kenaf yang ditanam di Lemah Chuping, Perlis.

Kajian berkaitan tanaman kenaf di Malaysia dipelopori oleh Institut Perhutanan Tropika dan Produk Hutan INTROP, Universiti Putra Malaysia dan Institute Penyeidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia MARDI. Pihak INTROP juga telah mengenalpasti 9 jenis baka kenaf yang sesuai untuk penanaman komersial iaitu Q-ping, KK60, V12, V19, V36, V132, NS, V133 dan TK. Penanaman kenaf secara komersial pula dikendalikan oleh Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara LKTN. Kenaf merupakan tanaman penting kerana kegunaannya meliputi 8 sektor utama mengikut medium atau bahagian pokok (Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara 2017). Rajah 1.3 menunjukkan aplikasi produk kenaf mengikut sektor.

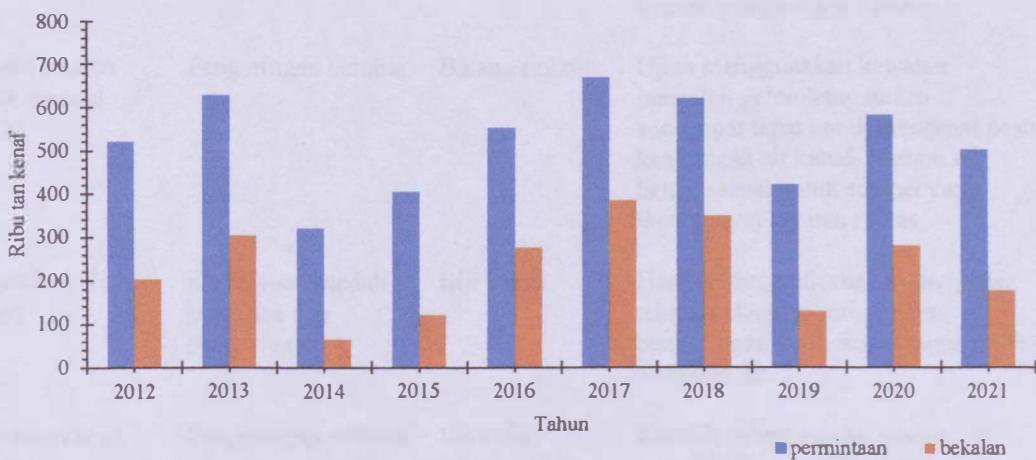


**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



Rajah 1.3 Produk kenaf mengikut bahagian pokok dan sektor.

Selain itu, tanaman ini juga mempunyai permintaan yang tinggi. Rajah 1.4 menunjukkan anggaran bekalan dan permintaan kenaf pada tahun 2012 hingga 2021. Dapat diperhatikan bekalan tidak dapat menampung permintaan dengan jurang 257300 hingga 326200 tan. Jurang ini menunjukkan keperluan untuk meningkatkan keupayaan pengeluaran kenaf termasuklah dengan menggunakan teknologi moden seperti pengering suria (Lembaga Kenaf dan Tembakau Negara 2017).



Rajah 1.4 Anggaran bekalan dan permintaan kenaf dunia 2012 hingga 2021

Sumber: Hamid et al. 2020

Pokok kenaf akan melalui beberapa proses utama sebelum menjadi serat kenaf. Proses-proses tersebut adalah penuaian, penyangsutan, rendaman, pengeringan dan



penyimpanan. Proses-proses ini akan diperincikan dalam Bab II. Kajian ini akan menumpu kepada proses pengeringan serat kenaf sahaja dan dapatan awal berkenaan pengeringan kenaf yang dilakukan oleh beberapa pengkaji ditunjukkan dalam Jadual 1.1.

Jadual 1.1 Kajian kaedah pengeringan kenaf yang dijalankan oleh penyelidik lain.

Sumber	Kaedah	Bahagian kenaf	Hasil
(S. Misha et al. 2015)	Penyahlembap pepejal	Teras kenaf	Pengeringan dapat dilakukan semasa keamatian sinaran terbantu suria rendah. Masa pengeringan diturunkan 24 % berbanding pengeringan terbuka untuk mencapai kandungan air 18 %.
(Seng & Teik 2006)	Pengering kotak rata	Daun dan batang pokok	Kandungan air akhir, kecekapan terma, dan purata kos dengan penunu (RM/kg air dikeluarkan) masing-masing adalah 8.3 %, 33 – 46 % dan RM 0.46.
(Wan Daud et al. 2007)	Stim panas lampau	Serat	Menggunakan stim sedia ada daripada kilang kenaf. Mengeringkan hampir 100 % kandungan air dalam masa 15 minit.
(Ling & Lin 2017)	Pengeringan sejuk beku	Biji benih	Kaedah menghasilkan saiz liang yang lebih besar dan dapat mengelakkan penguraian bahan bioaktif berbanding kaedah pengeringan ketuhar.
(Mohd Nazren Radzuan et al. 2012)	Pengeringan ketuhar	Batang pokok	Ujian menggunakan kawalan penyalun gelombang mikro segiempat tepat untuk mengenal pasti kandungan air kenaf. Namun ini hanya sesuai untuk sampel yang mempunyai keratan rentas
(Mollah et al. 2016)	Kombinasi kaedah peleraian dan pengeringan	Biji benih	Hasil tertinggi dicatatkan daripada teknik peleraian hari pertama pengeringan dan ketujuh tanpa proses ekstraksi air.
(Maisnam et al. 2017)	Pengeringan terbuka	Daun dan batang pokok	Kaedah paling murah namun menghasilkan kualiti yang konvensional rendah dan terdedah dengan pencemaran.

