

**KAJIAN CIRI PENGERINGAN RUMPAI LAUT
MENGUNAKAN SISTEM PENGERINGAN
SURIA BERLENGKUK-V**

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



MAJID KHAN BIN MAJAHAR ALI

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2016**

**KAJIAN CIRI PENGERINGAN RUMPAI LAUT
MENGUNAKAN SISTEM PENGERINGAN
SURIA BERLENGKUK-V**

MAJID KHAN BIN MAJAHAR ALI



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

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

**FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2016**

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: **KAJIAN CIRI PENGERINGAN RUMPAI LAUT MENGGUNAKAN SISTEM PENGERINGAN SURIA BERLENGKUK-V**

IJAZAH: **DOKTOR FALSAFAH (MATEMATIK)**

Saya **MAJID KHAN B. MAJAHAR ALI**, sesi **2016-2017**, mengaku membenarkan tesis doktor falsafah ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis ini adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan ini sebagai bahan pertukaran antara university pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/):

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA 1972)

TERHAD

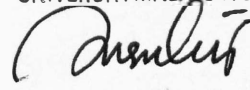
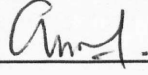
(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

NURULAIN BINTI ISMAIL
LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan oleh,


b/p 

(Tandatangan Pustakawan)

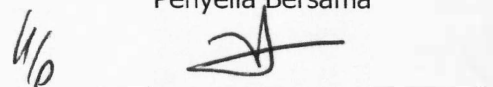


(Prof. Madya Dr. Jumat Sulaiman)

Penyelia

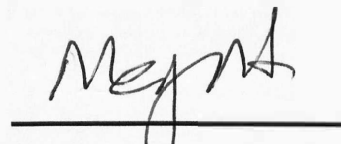

(Prof. Madya Dr. Suhaimi Md. Yasir)

Penyelia Bersama



(Prof. Dr. Hafidz Ruslan)

Penyelia Bersama



MAJID KHAN B. MAJAHAR ALI

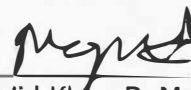
MS1211015T

Tarikh: 19 Disember 2016

PENGAKUAN

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

12 Ogos 2016



Majid Khan B. Majahar Ali
MS 1211015T



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA : MAJID KHAN BIN MAJAHAR ALI

NO. MATRIKS : MS 1211015T

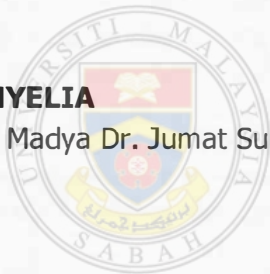
TAJUK : KAJIAN CIRI PENGERINGAN RUMPAI LAUT
MENGUNAKAN SISTEM PENGERINGAN SURIA
BERLENGKUK-V

AZAH : DOKTOR FALSAFAH (MATEMATIK)

VIVA DATE : 30 JUN 2016

DISAHKAN OLEH;

1. **PENYELIA**
Prof Madya Dr. Jumat Sulaiman



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Tandatangan

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned over the 'Tandatangan' label.

PENGHARGAAN

Segala puji ke atas Allah S.W.T, pemilik segala ilmu pengetahuan dan rahsia segenap pelusuk alam. Selawat dan salam ke atas junjungan Nabi Muhammad S.A.W yang telah diutuskan sebagaimana rahmat untuk sekalian alam, juga ke atas keluarganya, para sahabat dan sekalian yang berjuang di atas nama Ilahi.

Seterusnya terima kasih diucapkan kepada Prof. Madya Dr. Jumat Sulaiman yang menjadi penyelia utama dan kepakaran dalam pembentukan model pengeringan serta simulasi, Prof. Madya Dr. Suhaimi Yasir dalam kepakaran proses pengeringan, kualiti kimia serta pemprosesan rumpai dan Prof. Madya Dr. Mohd Hafidz Ruslan membantu dalam sistem pengering suria hibrid dan kecekapan pengering suria. Doa dan kesabaran serta galakan mereka menguatkan lagi semangat dan tekad penulis untuk menyiapkan projek ini.

Setinggi-tinggi penghargaan dan terima kasih buat En. Japson Wong Vun Heung dalam maklumat terkini rumpai laut, Dr. Ahmad Fudholi yang banyak membantu dalam analisis tenaga dan eksergi untuk pengeringan suria, Dr. Mohana Sundaram Muthuvalu dalam proses simulasi data menggunakan simulink dan En. Ramlan Ali di atas produk kering rumpai. Nasihat, tunjuk ajar dan dorongan mereka yang tiada nilainya. Buat teman-teman seperjuangan yang sentiasa bersama, Jamie, Jason, Nor Azwan, Sazali b. Ghazali, Vigneswaran Ramu, Alan Lawrance Anak Bangsa, Usran, Didi, Memay, Lusua Berek Moses dan Siti Hawa, terlalu banyak peristiwa menggelikan hati semenjak kalian penulis kenali, terima kasih kerana membuat penulis ketawa dan tersenyum

Penulis menghanturkan sembah bakti kepada orang tua dan keluarga tercinta. Dan ucapan terima kasih yang tak terhingga buat kedua arwah ibu bapa, Majahar Ali dan Aminah Md. Mydin. Ucapan terima kasih yang tak terhingga buat kedua bapa angkat, Karnaneedi Sonamuthu dan arwah ibu angkat, Parimalah Sinnaiah yang dengan tulus ikhlas memberi kasih sayang, juga sokongan doa dan moral ke arah kejayaan pengajian penulis.

Terima kasih juga saya tujukan kepada Pengarah **SERI-UKM**, Dato Professor Kamaruzzaman Sopian untuk penggunaan makmal Tenaga Suria Fakulti Sains dan Teknologi UKM dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyiapkan peralatan ujikaji dan penyediaan tesis ini sama ada secara langsung ataupun tidak langsung. Semoga diberkati oleh Allah S.W.T.

Majid Khan Majahar Ali
Ogos 2016

ABSTRAK

Masalah kadar kelembapan yang tidak seimbang dalam pengeringan menimbulkan masalah yang serius terhadap harga yang tidak konsisten untuk industri rumpai laut. Kadar kelembapan yang berbeza ini disebabkan oleh kaedah pengeringan yang terpaksa bergantung kepada keadaan cuaca disamping keluasan kawasan yang terhad. Kaedah pengeringan ini banyak memberi kesan dari segi kualiti dan kuantiti rumpai laut yang dihasilkan. Walaupun terbukti bahawa pengering suria mampu mengurangkan masa pengeringan namun terdapat beberapa masalah khususnya dalam kecekapan sistem, peramalan data hilang atau tidak dapat diambil, ekonomik, pengurusan yang mudah disamping proses penyelenggaraan yang mudah. Maka, sistem pengering suria untuk pengeringan rumpai laut di Semporna, Sabah telah direkabentuk. Sejumlah 5 tan berat rumpai terhasil dari 10 tan basah dengan kandungan kelembapan awal air sekitar 92.68% asas berat basah dan menjadi 85.32% selepas proses sauna diaplikasikan. Daripada jumlah tersebut, 2.5 tan basah dimasukkan kedalam pengering suria dan 2.5 tan selebihnya dikeringkan secara tradisional (Pelantar). Analisis prestasi parameter pengering dilakukan dan pengering suria mengambil masa selama 38 jam bagi sistem pengering suria manakala 114 jam diperlukan oleh pengering konvensional disamping analisis tenaga dan eksergi turut dilaksanakan. Seterusnya, kajian interaksi parameter pengering berdasarkan hierarki berganda telah dijalankan dan mendapati bahawa faktor interaksi memainkan peranan penting dalam meramal dan menganggar data rizab dan hilang. Akhirnya, data hilang yang telah dikenalpasti dari penganalisaan sebelum ini digunakan dalam mengkaji ciri-ciri dan kinetik pengeringan bagi rumpai laut yang dikategorikan tumbuhan bukan higroskopik. Model yang melakukan pemadanan terbaik adalah Y_9 dari sistem kebuk dan Y_{24} dari sistem konvensional menggunakan 28 model empirik. Hasil dapatan menunjukkan model sedia ada tidak melakukan penyuaiian terbaik pada kedua-dua sistem. Seterusnya, rekabentuk model hibrid baru menggunakan interpolasi linear dilakukan dan sebanyak 364 model hibrid baru terbentuk. Model terbaik yang melakukan pemadanan terbaik adalah $Y_{14,16}$ dari sistem kebuk dan $Y_{16,22}$ dari sistem konvensional. Hasil dapatan menunjukkan model hibrid baru melakukan penyuaiian terbaik pada kedua-dua sistem. Kajian mendapati model pengeringan rumpai laut bagi sistem konvensional adalah model $Y_{14,16}$ dibandingkan dengan model asal iaitu Y_{24} bagi sistem konvensional dengan kejituan 99.7%, dan nilai MBE dan RSME masing-masing 0.0023 dan 0.0214. Kajian mendapati bahawa model pengeringan rumpai laut bagi sistem solar yang sesuai adalah model $Y_{16,22}$ dibandingkan dengan model asal iaitu Y_9 bagi sistem terbuka dengan kejituan 99.8%, dan nilai MBE dan RSME masing-masing 0.0013 dan 0.0114. Maka, dapatan kajian ini sangat penting dalam memastikan produk kering rumpai yang terhasil adalah berkualiti dengan pengering yang direkabentuk adalah bersifat tenaga dan eksergi yang efektif serta ekonomik disamping penganggaran data yang hilang atau tidak dapat diambil dapat dicari dan seterusnya menyediakan garis panduan untuk penyelidik, penanam serta pelabur dalam industri pengeringan rumpai laut dan akhirnya menetapkan harga yang konsisten dalam pasaran rumpai laut kering.

Kata Kunci: pengeringan, prestasi pengering, pemodelan, kinetik pengeringan

ABSTRACT

SEAWEED DRYING CHARACTERISTICS USING V-GROOVE SOLAR DRIER

The problem of unbalanced humidity in drying rate imposes a serious problem to the price that is not consistent in the seaweed industry. Different moisture content obtained from different drying method which depends on climatic conditions apart from a limited area. This method of drying given much impact in terms of quality and quantity of dried seaweed that produced. Although proven that the solar drying method can reduce the drying time but there are some problems too, especially in determine the system efficiency, forecasting data lost or cannot be retrieved, economical and easy management procedure. Thus, an effective solar drying system for drying seaweed in Semporna, Sabah has been redesigned. A total of 5 tons of weight from total of 10 tons of wet seaweed resulting with initial moisture content of around 92.68% of wet weight basis and became to 85.32% after the sauna technique applied. Of the remaining weight total, 2.5 tons are arranged into the solar dryer and the remaining 2.5 tons of are arranged traditionally (Platform). The performance parameter of solar drying has done and takes 38 hours for a solar system while the 114 hours required by conventional drying to form dried seaweed with 38% moisture besides energy and exergy analysis also implemented. Next, study the interaction parameter based on a hierarchy of multiple regressions was carried out and found that the interaction of factors plays an important role in predicting the reserves and lost data. Finally, missing data have been identified from the previously technique been used in study of the kinetic and drying properties of seaweed that are categorized as non-hygroscopic plant. The model performs best fitting of the solar system is Y_9 and Y_{24} for conventional system when run the data with 28 existing empirical model. The results showed that the existing models do not best fit in both systems. Next, a new hybrid model using linear interpolation was designed and 364 newly hybrid model formed. The best model that best fitted of conventional system is $Y_{14,16}$ and $Y_{16,22}$ of for solar systems. The results showed that the new hybrid model performs best fitting on both systems. The study found that the accuracy of kinetic hybrid model for the conventional system when compared with the original model, was recorded with 99.7% of R^2 , and the MBE and RSME respectively 0.0023 and 0.0214 whereas for solar system was 99.8% of R^2 , and the MBE and RSME respectively 0.0013 and 0.0114. Thus, this study result is very crucial in ensuring the product dried seaweed produced is in good quality with design of drier is both energy and exergy effective, economical as well prediction of data can be done and thus provide guidelines for researchers, growers and investors in industrial drying seaweed and ultimately set the prices that are consistent in dried seaweed market.

Keywords: *drying, dryer performance, modeling of drying kinetics*

SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xiv
SENARAI RAJAH	xvi
SENARAI ABBREVIASI	xx
SENARAI APPENDIX	xxi
BAB 1: PEGENALAN	
1.0 Pengenalan	1
1.1 Latar Belakang Kajian	2
1.2 Kaedah Pengeringan	4
1.3 Kebaikan pengering sedia ada	10
1.4 Permasalahan Kajian	11
1.5 Objektif	12
1.6 Skop Kajian	12
1.7 Kepentingan Kajian	13
1.8 Organisasi Tesis	
BAB 2: ULASAN PERPUSTAKAAN	
2.1 Tenaga Keterbaharuan	16
2.1.1 Kepentingan Sistem Pengeringan	18
2.1.2 Kelebihan Sistem Pengeringan Suria	19
2.1.3 Hasil-Hasil Pertanian Yang Dikeringkan Dengan Pelbagai Sistem Pengeringan Suria	19

2.1.4	Kebaikan Sistem Pengeringan Suria Berolak Paksa	21
2.1.5	Status Dan Prospek Sistem Pengeringan Suria Di Malaysia	21
2.1.6	Tenaga Eksergi	28
2.2	Kaedah Pemodelan Pengering Sedia Ada	33
a.	Pemindahan Haba dan Jisim	33
B	ANN	34
c.	Taguchi	35
2.2.1	Kelemahan Kaedah Sedia Ada	36
2.3	Hierarki Analisis Berganda	37
2.3.1	Pengaplikasian Analisis Regresi Berganda Dalam Pembentukan Pembinaan Model Matematik	40
2.3.2	Pembentukan Model Regresi Berganda secara analisis hierarki Dalam Sektor Pertanian	43
2.4	Kinetik Pengeringan	45
2.4.1	Model Matematik Untuk Pengeringan	46
2.4.2	Model Teori	47
2.4.3	Model Semi Teori	48
2.4.4	Model Empirik	49
2.5	Kesimpulan	51

BAB 3: BAHAN DAN KAEDAH

3.1	Pendahuluan	52
3.2	Rekabentuk Kajian	52
3.3	Kawasan Kajian Dan Penyediaan Sampel	55
3.4	Prosedur Sauna, Sistem Pengeringan Serta Analisis Tenaga Dan Eksergi	56
3.4.1	Teknik Sauna Sebagai Proses Pra-Rawatan	57
3.4.2	Kandungan Kelembapan Dalam Proses Pra Rawatan	58
3.4.3	Sistem Pengering Yang Dipertimbangkan	58
a.	Sistem Pengering Konvensional	60
b.	Sistem Pengering Suria	60
3.4.4	Rumus Penting Dalam Pengeringan	62

a.	Nisbah kelembapan	63
b.	Proses Pengoptimuman	63
3.4.5	Prosedur Analisis Ketidaktentuan	64
3.4.6	Analisis Tenaga	65
3.4.7	Rumus Eksergi	67
3.5	Pemilihan Model Terbaik Menggunakan Analisis Hierarki Berganda	
3.5.1	Model Regerasi Berganda	68
3.5.2	Pemilihan Pembolehubah	70
3.5.3	Model Regresi Berganda	70
3.5.4	Andaian Model Regresi Berganda	71
3.5.5	Tatacara Mendapatkan Model Terbaik	72
3.5.6	Pembinaan Model-model Yang Berkemungkinan	72
3.5.7	Penentuan Model Terpilih	74
a.	Ujian Multikolinearan	74
b.	Ujian Sejangat	76
c.	Ujian Pekali	77
d.	Ujian Wald	77
3.5.8	Penentuan Model Terbaik	79
3.5.9	Kebagusan Penyuaian Model Terbaik	79
a.	Ujian Rawak	80
b.	Ujian normal	80
3.6	Penentuan Model Kinetik Pengeringan Empirik Sedia ada Dan Hibrid Tak Linear Terbaik	81
3.6.1	Pemadanan Data Ujikaji	82
3.6.2	Pekali Penentuan	82
3.6.3	Anggaran Ralat Piawai	82
3.6.4	Min Punca Ralat Kuasa Dua	83
3.6.5	Min Ralat Kuasa Dua	84
3.6.6	Min Hasil Tambah Kuasa Dua Ralat	84
3.6.7	Perkembangan Model Pengeringan	85
a.	Model Empirik	85
b.	Model Semi Empirik	87

3.7	Modifikasi Interpolasi Linear	89
BAB 4:	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	91
4.1	Menilai Prestasi Pengeringan Rumpai Laut Menggunakan Sistem Berlekuk-v Berbanding Pengering Konvensional	91
4.1.1	Proses Mengukur dan Merakam Data	91
4.1.2	Proses Sauna dan Kandungan Kelembapan	92
4.1.3	Kebuk Pengeringan Terkawal dalam Skala Makmal	92
4.1.4	Sistem Pengeringan Konvensional	95
4.1.5	Analisis Imbangan Jisim	97
4.1.6	Perihal Dimensi Sistem Pengering Suria	99
	a. Prestasi Pengering Suria Tanpa Dulang	100
	b. Prestasi Pengering Suria Dengan Dulang Kosong	101
	c. Prestasi Pengering Suria Dengan Dulang Berisi Rumpai	102
	d. Simulasi Aliran Udara Sistem Pengering Suria	103
	e. Analisis Sistem Pengering Suria	106
4.1.8	Penilaian Tenaga Dan Eksergi Pengering Suria	107
	a. Analisis Sistem Pengering Suria	108
	b. Analisis Eksergi Sistem Pengering Suria	110
4.1.9	Rumusan Keputusan Penilaian Prestasi Pengering	114
4.2	Penilaian Faktor Pengeringan Menggunakan Analisis Regresi Berganda Secara Hierarki	114
4.2.1	Perihal Pembinaan Model Matematik Bagi Sistem Pengeringan Konvensional	115
	a. Perihal Pengolahan Data Mentah Sistem Pengeringan Konvensional	116
	i. Statistik Deskriptif Untuk Semua Pembolehubah	116
	ii. Deskriptif Bagi Semua Pembolehubah	116
	iii. Data Hilang Dan Data Rizab	117
	b. Ujian Kenormalan	118
	i. Pembolehubah Tak Bersandar, X_1	119
	ii. Pembolehubah Tak Bersandar, X_2	119

iii.	Pembolehubah Tak Bersandar, X_3	119
c.	Pembinaan Dan Penentusahan Model Terbaik Bagi Pengeringan Konvensional	120
i.	Tahap 1 – Penentuan Semua Model Berkemungkinan	120
ii.	Tahap 2 – Pemilihan Model	120
a.	Ujian Multikolinearan	121
b.	Ujian Pekali	122
iii.	Senarai Model Terpilih	124
iv.	Tahap 3 – Penentusahan Model Terbaik	125
v.	Peringkat 4 – Penyuaian Patut	125
d.	Ujian pada model terbaik	126
i.	Ujian Kerawakan Model	126
ii.	Ujian Kenormalan Model	127
e.	Ringkasan Model Terbaik	128
f.	Faktor Penting Kehilangan Jisim Rumpai Laut Dari Pengering Konvensional	130
4.2.2	Perihalhan Pembinaan Model Matematik Bagi Pengering Suria	131
a.	Perihalhan Pengolahan Data Mentah Sistem Pengeringan Suria	131
i.	Statistik Deskriptif Untuk Semua Pembolehubah	132
ii.	Deskriptif Bagi Semua Pembolehubah	132
iii.	Data Simpanan	133
b.	Ujian Kenormalan	133
i.	Pembolehubah Tak Bersandar, X_1	133
ii.	Pembolehubah Tak Bersandar, X_2	134
iii.	Pembolehubah Tak Bersandar, X_3	134
iv.	Pembolehubah Tak Bersandar, X_4	134
c.	Pembinaan dan Penentusahan Model Terbaik Bagi Pengeringan Suria	134
i.	Tahap 1 – Semua Model Berkemungkinan	135
ii.	Tahap 2 – Pemilihan Model	135

a.	Ujian Multikolinearan	135
b.	Ujian Pekali	136
iii.	Senarai Model Terpilih	138
iv.	Tahap 3 – Model Terbaik	139
v.	Peringkat 4 – Penyuaian Patut	139
d.	Ujian Model Terbaik	140
i.	Ujian Kerawakan Model	140
ii.	Ujian Kenormalan Model	141
e.	Ringkasan Model Terbaik	142
f.	Faktor-Faktor Penting Kehilangan Jisim Rumpai Laut Dari Kebuk Pengering Suria	144
4.2.3	Rumusan Penilaian Faktor Interaksi Parameter Menggunakan Hierarki Analisis Berganda	145
4.3	Pelaksanaan Dan Penilaian Terhadap Lengkung Kinetik Pengeringan	146
4.3.1	Pemadanan Model Kinetik Pengeringan Terhadap Data Pengeringan Konvesional	147
a.	Penentuan Model Kinetik Sedia Ada	148
b.	Penentuan Model Kinetik Hibrid	149
c.	Perbandingan Model Kinetik Terbaik Sedia Ada Dan Baru Bagi Sistem Konvesional	150
4.3.3	Pemadanan Model Kinetik Pengeringan Terhadap Data Sistem Pengering Suria	154
a.	Penentuan Model Kinetik Sedia Ada	154
b.	Model Hibrid Kinetik Menggunakan Sistem Pengering Suria	155
c.	Perbandingan Model Kinetik Terbaik Sedia Ada dan Baru Bagi Sistem Solar	156
4.4	Rumusan Pemadanan Data Kinetik Pengeringan Pada Tumbuhan Bukan Higroskopik	159
4.5	Rumusan Dan Kesimpulan Keseluruhan	160

BAB 5: KESIMPULAN DAN CADANGAN KAJIAN LANJUTAN	161
5.1 Sumbangan Penyelidikan Kepada Sains	163
5.2 Cadangan Kajian Lanjut	164
RUJUKAN	166
APPENDIX	183



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

	Halaman
Jadual 2.1: Pengeringan Hasil-Hasil Pertanian Dengan Sistem Pengeringan Suria	20
Jadual 2.2: Pengeringan Hasil-Hasil Pertanian Dengan Sistem Pengeringan Suria	24
Jadual 2.3: Kesimpulan Penilaian Parameter Untuk Pengering Suria Sedia Ada Dan Keputusan Dari Pengkaji Lepas	25
Jadual 2.4: Kesimpulan Penilaian Untuk Pengering Suria Dan Keputusan Dari Pengkaji Lepas	31
Jadual 3.1: Parameter Kunci Bagi Sistem Pengering Konvensional	60
Jadual 3.2: Parameter Kunci Bagi Pengering Suria	61
Jadual 3.3: Ketidaktentuan Dalam Pengukuran Parameter	64
Jadual 3.4: Bilangan Model-Model Yang Berkemungkinan Bagi Empat Pembolehubah Tidak Bersandar	73
Jadual 3.5: Bilangan Kes Dalam Ujian Multikolinearan	75
Jadual 3.6: Jadual ANOVA Bagi Ujian Sejagat	76
Jadual 3.7: Jadual ANOVA Bagi Ujian Wald	78
Jadual 3.8: Lapan Kriteria Pemilihan (8SC)	79
Jadual 4.1: Masa pengeringan yang diperlukan untuk suhu dan kelembapan relatif yang dikawal	95
Jadual 4.2: Keputusan Pengering suria	106
Jadual 4.3: Peratusan peningkatan tenaga bagi pengering suria	110
Jadual 4.4: Prestasi Keseluruhan sistem Pengering suria	113
Jadual 4.5: Penerangan setiap pembolehubah ternormal	117
Jadual 4.6: Model M11.0.0	122
Jadual 4.7: Model M11.1.0	122
Jadual 4.8: Output Ujian Pekali bagi M11.1.0	123
Jadual 4.9: Output Ujian Pekali bagi M11.1.1	124
Jadual 4.10: Penerangan setiap pembolehubah	132
Jadual 4.11: Model M28.0.0	135

Jadual 4.12: Model M30.0.0	136
Jadual 4.13: Output Ujian Pekali bagi M32.0.0	137
Jadual 4.14: Output Ujian Pekali bagi M32.0.5	138
Jadual 4.15: Perbandingan Model Sedia-Ada Dan Model Hibrid Baru	151
Jadual 4.16: Perbandingan Model Sedia-Ada dan Model Hibrid Baru	157



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI RAJAH

	Halaman	
Rajah 1.1:	Rantaian Proses Dalam Rumpai Laut	3
Rajah 1.2:	Proses Rumpai Laut Untuk Pasaran Dalam EPP-3	3
Rajah 1.3:	Jenis Kaedah Pengeringan	4
Rajah 1.4:	Gambarajah Pelantar Yang Dibina	5
Rajah 1.5:	Gambarajah Kaedah Ampaian/Pelantar	6
Rajah 1.6:	Gambarajah Kaedah Menggantung	6
Rajah 1.7:	Gambarajah Kaedah Sauna Dan Jemuran Lantai	7
Rajah 1.8:	Gambarajah Pengering Langsung UMS	8
Rajah 1.9:	Gambarajah Pengering Langsung UKM-SIRIM	9
Rajah 1.10:	Gambarajah Pengering Turbin Dan Solar	9
Rajah 1.11:	Gambarajah Pengering Berbantu Suria	10
Rajah 3.1:	Ringkasan Rekabentuk Eksperimen Dalam Mencapai Objektif Kajian.	54
Rajah 3.2:	Kawasan Kajian Proses Pengeringan	55
Rajah 3.3:	<i>Kappaphycus Striatum</i> Varieti <i>Sacol</i>	56
Rajah 3.4:	Morfologi <i>Kappaphycus Striatum</i> Varieti <i>Sacol</i>	56
Rajah 3.5:	Ringkasan Rekabentuk Kajian Proses Pengeringan Pada Fasa Pertama	57
Rajah 3.6:	(a) Ciri-Ciri Fizikal Rumpai Kering Biasa Dan (B) Menunjukkan Ciri Fizikal Rumpai Sauna	58 58
Rajah 3.7:	Rumpai Basah Dimasukkan Ke Dalam Plastik Bagi Tujuan Proses Teknik Sauna.	58
Rajah 3.8:	Rumpai Diampaiakan di bawah sinaran matahari sebagai proses pra-rawatan	59
Rajah 3.9:	Kesan Proses Sauna Pada Hari Pertama	59
Rajah 3.10:	Gambarajah Sistem Pengering Konvensional (SPK)	60
Rajah 3.11:	Gambarajah Pengering Suria Bagi Pengering Suria Yang Telah Melalui Beberapa Pengubahsuaian Parameter.	61

Rajah 3.12:	Gambarajah Skema Pengering Suria Bagi Pengering Suria Yang Telah Melalui Beberapa Pengubahsuaian Parameter	62
Rajah 3.13:	Ringkasan Rekabentuk Pemilihan Model Terbaik Menggunakan Hierarki Analisis Berganda Linear	69
Rajah 3.14:	Empat Tahap Pemilihan Model Model Regresi Berganda Yang Terbaik	72
Rajah 3.15:	Tatacara Pepadanan Model Empirikal Tak Linear Dalam Objektif Ketiga	81
Rajah 4.1:	a-c Menunjukkan Proses Pemunggahan Rumpai Laut Basah Ke Atas Pelantar Sebagai Persediaan Untuk Proses Sauna	93
Rajah 4.2:	a-d Menunjukkan Ciri Fizikal Rumpai Laut Semasa Proses Sauna Dilakukan.	93
Rajah 4.3:	a-c Menunjukkan Penyusunan Rumpai Laut Untuk Proses Sauna Ke Dalam Dulang Sebelum Ditolak Masuk Kedalam Kebuk	94
Rajah 4.4:	Hasil Pengeringan Terkawal Menggunakan <i>Low Temperature Low Humidity Chamber</i>	95
Rajah 4.5:	Kadar Aliran Suhu, Sinaran Suria Dan Kelembapan Relatif Ambien Selama 15 Hari Pengering	96
Rajah 4.6:	a-c Menunjukkan proses pengeringan dan Pengumpulan Rumpai laut Kering dengan menggunakan Sistem Konvensional	97
Rajah 4.7:	Skema Imbangan Jisim Proses Pengeringan	98
Rajah 4.8:	Carta Psikometri Proses Pengeringan daripada sistem pengeringan suria	99
Rajah 4.9:	(a) dan (b) Menunjukkan Gambarajah proses pengeringan rumpai laut menggunakan Sistem Dan Dulang	100
Rajah 4.10:	Gambaran Aliran Udara Untuk Rumpai Laut Dalam Kebuk Pengering Suria Yang Berisi Rumpai Laut	102
Rajah 4.11:	Prestasi Pengering Suria Berdasarkan Suhu (Ambien Dan Kebuk), Kelembapan Relatif (Ambien Dan Kebuk) Dan Sinaran Suria	102

Rajah 4.12:	Hasil Pengerakkan Udara Melalui Simulasi Pengeringan Dalam Pengering Suria	105
Rajah 4.13:	Perbandingan Kadar Pengeringan Rumpai Laut Bagi Pengering Konvensional dan Suria	107
Rajah 4.14:	Skema Sistem Pengering Dan Kehilangan Tenaga Dengan Hubungan Input Dan Output kebuk pengering suria	108
Rajah 4.15:	Purata Kecekapan Terma Bagi Pengering Suria Berdasarkan Julat Tenaga Bersih Dan Kadar Aliran Udara	109
Rajah 4.16:	Penghasilan Tenaga Bersih Bagi Pengering Suria Sepanjang 38 Jam Berdasarkan Kecekapan Terma, Tenaga Bersih Dari Pengumpul Dan Radiasi Solar	110
Rajah 4.17:	Keputusan Eksergi bagi Sistem Pengering Suria berdasarkan Perubahan Aliran masuk Eksergi dan Aliran keluar Eksergi	111
Rajah 4.18:	Keputusan Eksergi Bagi Pengering Suria berdasarkan Kehilangan Eksergi, Peningkatan Potensial Dan Kecekapan Eksergi	112
Rajah 4.19:	Gambarajah Keseimbangan Eksergi Dalam Sistem Pengering Suria	112
Rajah 4.20:	Data Masa Yang Direkodkan bagi Nisbah Kelembapan Bagi Sistem pengeringan konvensional.	115
Rajah 4.21:	Keseluruhan Taburan Data Piawaian Reja Terletak Diantara Julat -2 Hingga 2	127
Rajah 4.22:	Histogram bagi Piawaian Reja	128
Rajah 4.23:	Plot QQ bagi Piawaian Reja	128
Rajah 4.24:	Analisis Kotak Piawaian Reja	128
Rajah 4.25:	Penganggaran Data Nisbah Kelembapan Yang Hilang Bagi SPK Menggunakan Model Terbaik M12.2.1	131
Rajah 4.26:	Kerawakan Keseluruhan Taburan Data Piawaian Reja Yang Terletak Diantara Julat -2 Hingga 2	140
Rajah 4.27:	Histogram bagi Reja	141
Rajah 4.28:	Plot QQ bagi Piawaian Reja	142
Rajah 4.29:	Analisis Kotak Piawaian Reja	142

Rajah 4.30:	Keputusan Pemadanan Tiga Model Terbaik Kinetik sedia ada Terhadap Data Ujikaji SPK	149
Rajah 4.31:	Keputusan Pemadanan Tiga Model Terbaik Yang Baru Terhadap Data Ujikaji Pada Setiap Baris Sistem	150
Rajah 4.32:	Perbandingan Pemadanan Model Terhadap Data Ujikaji Model Hibrid Empirikal Yang Direkabentuk Terhadap Data Pengeringan	152
Rajah 4.33:	Padanan Perbandingan Bagi Setiap Model Paling Terbaik Model $Y_{16,22}$ Terhadap Data Ujikaji	152
Rajah 4.34:	Pemadanan Model Y_{12} terhadap Data Ujikaji	153
Rajah 4.35:	Reja Model $Y_{16,22}$ terhadap Data Ujikaji	153
Rajah 4.36:	Reja Model Y_{12} terhadap Data Ujikaji	153
Rajah 4.37:	Keputusan Pemadanan Model Baru Terhadap Data Ujikaji	155
Rajah 4.38:	Keputusan Pemadanan Model Hibrid Terhadap Data Ujikaji	156
Rajah 4.39:	Pemadanan Model Terhadap Data Ujikaji Model Hibrid Empirikal Terbaik Yang Direkabentuk Terhadap Data Pengeringan Berbanding model kinetik sediada	157
Rajah 4.40:	Pemadanan model Y_9 Dengan Data Ujikaji Pengeringan	158
Rajah 4.41:	Pemadanan Model $Y_{14,16}$ dengan data ujikaji pengeringan	158
Rajah 4.42:	Reja Model Y_{24} terhadap Data Ujikaji Pengeringan	158
Rajah 4.43:	Reja Model $Y_{14,16}$ dengan data ujikaji pengeringan	159

SENARAI ABBREVIASI

AOAC	-	Persatuan Masyarakat Analisis kimia
EEC	-	Komuniti Ekonomi Eropah
EMC	-	Kandungan Kelembapan Seimbang
EPP	-	Projek Permulaan
ETP	-	Program Transformasi Ekonomi
FAO	-	Organisasi Makanan Dan Pertanian
FCC	-	Suruhanjaya Kimia Makanan
FTIR	-	Penentuan Kumpulan Berfungsi
GNI	-	Pendapatan Negara Kasar
IUPAC	-	Kesatuan Antarabangsa Tulen dan Gunaan
KKLW	-	Kemajuan Luar Bandar Dan Wilayah
LKIM	-	Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia
LPG	-	Gas Petroleum Cecair
MARDI	-	Pusat penyelidikan Dan Kemajuan Pertanian
MSE	-	Hasil Tambah Kuasa Dua Ralat
NKEA	-	Kawasan Ekonomi Utama Negara
RISDA	-	Pihak Berkuasa Kemajuan Pekebun Kecil Di Perusahaan Getah
RC	-	Karagenan Serbuk Halus
RSME	-	Punca Min Ralat Kuasa Mutlak
SEE	-	Ralat Piawai Anggaran
SEM	-	Mikroskop Pengesan Elektron
Sp.	-	Spesies
SSR	-	Jumlah Regresi Kuasa Dua
SRC	-	Semi Karagenan Serbuk Halus
SST	-	Jumlah Hasil Tambah Kuasa Dua
ZIA	-	Zon Industri Akuakultur

SENARAI APPENDIX

Appendix A	183
Appendix B	190
Appendix C	202
Appendix D	219
Appendix E	223



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB 1

PENDAHULUAN

1.0 Pengenalan

Industri rumpai laut di seluruh dunia menyediakan pelbagai produk untuk kegunaan manusia secara langsung atau tidak langsung yang mempunyai jumlah nilai anggaran US\$ 10 bilion setahun (Bixler dan Porse, 2011; FAO 2013). sebanyak 83% dari pengeluaran rumpai laut digunakan untuk kegunaan manusia seharian (Ali et al., 2013), manakala bakinya digunakan sebagai baja dan makanan tambahan haiwan, aplikasi perubatan (Yasir 2012; 2013), dan aplikasi bioteknologi (McHugh, 2003). Di seluruh dunia, pengeluaran rumpai laut meningkat 5.7% setiap tahun dan lebih daripada 18 juta tan rumpai laut dihasilkan pada tahun 2012 (FAO, 2014).

Pada tahun 2012, 96% daripada jumlah pengeluaran rumpai laut kering di dominasi oleh negara-negara Asia (FAO, 2014) disebabkan pertumbuhan rumpai laut yang bergantung pada faktor suhu, kemasinan, geografi serta pengudaraan. Antara negara Asia yang aktif dalam industri rumpai laut termasuk Indonesia, Filipina dan Malaysia (Hurtado, 2008). Rumpai laut yang dikultur secara komersial untuk penghasilan karaginan adalah daripada genera *Kappaphycus* dan *Euचेuma* (PEMANDU, 2013). Karaginan yang terhasil adalah dalam bentuk karaginan halus dan separa halus dan diekstrak dari rumpai laut basah setelah melalui beberapa proses penting (McHugh, 2003) dari rumpai laut basah.

Secara asasnya, aktiviti pengesrakan karaginan akan melibatkan beberapa proses utama seperti pengkulturan, penanaman, penuaian dan pengeringan. Menurut McHugh (2003), pengestrakkan karaginan adalah dari dinding sel rumpai laut kering. Namun, masalah cuaca yang tidak dapat diramal memberikan masalah pada kualiti karaginan yang terhasil. Maka, proses pengeringan merupakan faktor paling penting dalam menghasilkan kualiti karaginan yang optimum.