

**PUSAT PENGAJIAN TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA
BORANG PENYERAHAN DISERTASI MUTAKHIR
TIGA (3) NASKHAH**

Nama Penyelia : PROF. MADYA WAN ROSLI WAN DAUD

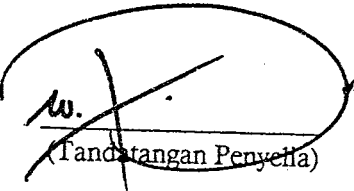
Bahagian : PUSAT PENGAJIAN TEKNOLOGI INDUSTRI

Saya telah menyemak semua pembetulan/pindaan yang dilaksanakan oleh Encik/Puan/Cik:
ROSLAN SHAFII

mengenai disertasinya sebagaimana yang dipersetujui oleh Panel Pemeriksa di Viva Vocenya.

2. Saya ingin mengesahkan bahawa saya berpuashati dengan pembetulan/pindaan yang dilaksanakan oleh calon.

Sekian, terima kasih.


(Tandatangan Penyelia)

18 FEBRUARI 2002

Tarikh

SIFAT-SIFAT KERTAS DARI PENGULANGAN DAN PENGADUNAN
PULPA *ACACIA MANGIUM* DAN TANDAN BUAH KELAPA SAWIT
DENGAN KERTAS TERULANG

oleh

ROSLAN SHAFII

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi
keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

Februari 2002

PENAKUAN

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

Februari 2002

ROSLAN SHAFII
S-IM0084

PENGHARGAAN

Dengan Nama Allah Yang Maha Pengasih Dan Maha Penyayang.

Setinggi-tinggi kesyukuran kehadiran Allah SWT kerana dengan limpah kurnia dan keizinannya dapatlah saya menyempurnakan projek penyelidikan dan menyiapkan disertasi ini. Setinggi-tinggi penghargaan dan ribuan terima kasih yang tidak ternilai kepada penyelia saya iaitu Prof. Madya Dr. Hj. Wan Rosli Wan Daud yang banyak meluangkan masa, tenaga, buah fikiran, dorongan, bimbingan dan nasihat untuk menjayakan penyelidikan ini. Seterusnya kepada En. Azizan, En. Azhar, Dr. Rushdan Ibrahim dan terima kasih saya juga kepada En. Ahmad Badli Shah dan En Mazlan yang berkongsi pandangan dan pendapat untuk membantu dan menghasilkan penyelidikan yang bermutu.

Di kesempatan ini juga tidak ketinggalan penghargaan buat emak, ayah, isteri dan anak-anak tersayang yang tidak pernah jemu-jemu dalam memberi galakan, semangat dan mendoakan untuk kejayaan saya.

Tidak lupa juga kepada syarikat Pascorp Paper Berhad yang membantu dan memberi peluang kepada saya untuk mendalami bidang kertas ini. Untuk semua semoga Allah menempatkan kalian dalam golongan orang-orang yang mendapatkan kebahagiaan dan kejayaan di dunia dan akhirat.

Wassalam.

ROSLAN SHAFII
Februari, 2002

SIFAT-SIFAT KERTAS DARI PENGULANGAN DAN PENGADUNAN PULPA *ACACIA MANGIUM* DAN TANDAN KOSONG BUAH KELAPA SAWIT DENGAN KERTAS TERULANG

ABSTRAK

Industri pembuatan kertas di Malaysia adalah berasaskan kertas terulang. Masalah utama yang dihadapi oleh industri ialah berhubung dengan kekuatan kertas yang dihasilkan. Berbagai usaha telah dan sedang dilakukan bagi memperbaiki mutu kertas yang dihasilkan dari kertas terulang ini. Pendekatan yang digunakan di dalam penyelidikan ini ialah dengan mengadun pulpa terulang daripada kertas terulang "old corrugated board" (OCC) dengan pulpa dara dari *Acacia mangium* dan tandan kosong buah kelapa sawit. Kajian telah dilakukan dengan menggunakan kaedah-kaedah makmal piawai yang berpandukan samada piawai TAPPI atau British. Ianya di dapati bahawa pengulangan semula telah mengakibatkan kehilangan di dalam sifat-sifat fizik kertas terutama semasa tahap pengulangan pertama hingga ketiga, diikuti dengan penstabilan sepanjang proses pengulangan semula. Perubahan-perubahan ini dipercayai hasil daripada kesan hornifikasi yang telah membuat gentian-gentian menjadi kurang fleksibel, dan akhirnya menjadikan ikatan antara gentian-gentian berkurangan. Pengadunan pulpa dara kraft tak terluntur *Acacia mangium* menunjukkan ianya hanya efektif untuk menambahkan kekuatan kertas terhasil jika ianya terlebih dahulu melalui proses pemukulan. Ini boleh disandarkan kepada ketersediaan tapak-tapak pengikatan baru yang terhasil daripada pemukulan yang akan seterusnya mewujudkan pengikatan-pengikatan baru di antara gentian-gentian *Acacia mangium* dan gentian-gentian

sekunder. Kajian menunjukkan, penambahan pulpa *Acacia mangium* yang dipukul menghasilkan kesan yang baik dan lebih bermakna.

Manakala bagi gentian-gentian EFB, ianya agak menarik kerana terdapat peningkatan di dalam kekuatan fizik kertas walaupun diadun dengan gentian yang belum dipukul. Ianya dihipotesiskan sebagai akibat daripada panjang gentian yang lebih panjang dan nisbah panjang berbanding garispusat yang lebih besar. Kedua-duanya menyumbang kepada kesan positif yang diperhatikan melalui penjanaan tapak-tapak pengikatan yang banyak. Saperti juga dengan *Acacia mangium*, penambahan pulpa yang telah dipukul menghasilkan kesan yang lebih baik.

PAPER PROPERTIES RESULTING FROM RECYCLING AND MIXING OF *ACACIA MANGIUM* AND OIL PALM EMPTY FRUIT BUNCH PULPS WITH RECYCLED PAPER

ABSTRACT

Papermaking industry in Malaysia is almost entirely based on recycled paper. The main problem faced by these industries is one, which is related to the strength of paper produced. Many approaches have been and currently used to increase its quality; the methodology used in this research is by mixing of recycled paper from old corrugated board (OCC) with virgin pulp from *Acacia mangium* and oil palm empty fruit bunches. TAPPI and British laboratory standard procedures were used during the course of this investigation.

Recycling process results in loss of physical properties notably during the first three cycles, after which it stabilizes during the course of the recycling process. These changes are believed to be associated with the loss in the swelling capacity of the fibers as a consequence of the hornification effect, making the fibers less flexible, and thus of poor fibers bonding. Blending of unbleached *Acacia mangium* karft pulps showed it is only effective in enhancing the paper qualities if it has undergone the initial beating process. This was attributed to the availability of new bonding sites as a result of beating which would then create new bonds between the *Acacia mangium* fibers themselves or between the secondary fibers.

With EFB fibers, surprisingly, there is an increase in physical properties even though with unbeaten fibers. This has been hypothesized as due to the longer fiber length and bigger length per diameter ratio of this pulp, both of which contributed the observed positive effects via generation of more bonding sites. And as in *Acacia mangium*, addition of a beaten pulp results in an even greater beneficial effect.

KANDUNGAN

<u>Bab</u>	<u>MukaSurat</u>
PENAKUAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
SENARAI JADUAL	xiv
SENARAI RAJAH	xvi
SENARAI SINGKATAN	xx
1 PENGENALAN	1
1.1 LATAR BELAKANG PROJEK	1
1.2 OBJEKTIF	3
2 KAJIAN LITERATUR	4
2.1 KERTAS	4
2.1.1 SEJARAH DAN PERKEMBANGAN	5
2.1.2 PERKEMBANGAN KERTAS DI DUNIA	7
2.1.3 PERKEMBANGAN INDUSTRI KERTAS DI MALAYSIA	9
2.1.4 JENIS-JENIS KERTAS YANG DI HASILKAN	15
2.1.5 SIFAT-SIFAT KERTAS	20
2.1.5.1 Fizikal dan Mekanikal	20
a) <i>Kegraman / berat</i>	20
b) <i>Ketebalan/ketumpatan</i>	20
c) <i>Kepukalan</i>	21
d) <i>Koefisien penyerakan.</i>	21
e) <i>Pembentukan</i>	22
f) <i>Kekuatan tensil</i>	22
g) <i>Panjang pemutusan</i>	22
h) <i>Kerintangan koyakan</i>	23
i) <i>Ketahanan lipatan</i>	23
j) <i>Kekakuan</i>	24

2.1.5.2	Optik	25
	a) <i>Lutsinar</i>	25
	b) <i>Kelegapan</i>	25
	c) <i>Kecerahan</i>	26
	d) <i>Kilat</i>	27
	e) <i>Warna</i>	28
2.1.5.3	Kimia	28
	a) <i>Kandungan lembapan</i>	29
	b) <i>Kandungan Aditif</i>	29
	c) <i>Kandungan pH</i>	32
	d) <i>Kandungan ash/abu</i>	32
2.2	KERTAS TERULANG	34
2.2.1	KERTAS TERULANG DI MALAYSIA	49
2.2.2	SIFAT-SIFAT GENTIAN TERULANG	62
2.2.2.1	Kebasahan	62
2.2.2.2	Panjang Gentian	63
2.2.2.3	Pembengkakan Gentian	63
2.2.2.4	Keupayaan Pengikatan Gentian	63
2.2.2.5	Kesan Keatas Pengikatan Aditif	64
2.2.3	FAKTOR-FAKTOR YANG MENGAWAL POTENSI PENGULANGAN SEMULA KUALITI KERTAS	64
2.2.3.1	Kesan Kepada Sediaan Dan Jenis Pulpa Dara	65
2.2.3.2	Kesan Pemukulan Awal Pulpa Dara	65
2.2.3.3	Kesan Penekanan Basah	66
2.2.3.4	Kesan Pengeringan	67
2.2.3.5	Kesan Pengkalendaran	67
2.2.3.6	Kesan Penggunaan Aditif Kimia	68
2.2.3.7	Kesan Penyahdawatan	68
2.2.4	CARA-CARA MEMPERBAIKI MUTU KERTAS TERULANG	69
2.2.4.1	Pemukulan dan Penghalusan	69
2.2.4.2	Penggunaan Aditif Kimia	70
2.2.4.3	Adunan Dengan Pulpa Dara.	72
2.2.4.4	Pemeringkatan	72

2.3 PEMULPAAN SODA	74
2.3.1 MEKANISMA TINDAKBALAS	74
2.3.2 KEBAIKAN PEMULPAAN SODA	77
2.3.3 KESAN PEMULPAAN KE ATAS KOMPONEN KIMIA GENTIAN	78
2.3.4 TINDAKBALAS TERHADAP KARBOHIDRAT	78
2.4 PEMULPAAN KRAFT / SULFAT	81
2.5 ACACIA MANGIUM	85
2.5.1 UMUM	85
2.5.2 PERKEMBANGAN DAN POTENSI ACACIA MANGIUM DI MALAYSIA	89
2.6 KELAPA SAWIT	100
2.6.1 UMUM	100
2.6.2 SIFAT POKOK KELAPA SAWIT	101
2.6.3 ANATOMI KELAPA SAWIT	102
2.6.3.1 Korteks	102
2.6.3.2 Periferal	102
2.6.3.3 Kawasan Tengah dan Teras	102
2.6.3.4 Berkas Vaskular	103
2.6.3.5 Tisu Parenkima	103
2.6.4 MORFOLOGI GENTIAN KELAPA SAWIT	103
2.6.5 INDUSTRI KELAPA SAWIT	104
2.6.5.1 Sisa-Sisa Lignoselulosa Kelapa Sawit dan Masalah Pencemaran	105
2.6.6 PENGHASILAN PULPA DARIPADA GENTIAN KELAPA SAWIT	105
2.6.7 TANDAN BUAH KOSONG KELAPA SAWIT (EMPTY FRUIT BUNCHES, EFB)	107

2.7 KIMIA GENTIAN	109
2.7.1 SELULOSA	109
2.7.2 HEMISELULOSA	110
2.7.3 LIGNIN	111
3 EKSPERIMEN	114
3.1 BAHAN MENTAH	114
3.1.1 PULPA KERTAS SEKUNDER	114
3.1.2 PULPA <i>ACACIA MANGIUM</i>	117
3.1.3 PULPA TANDAN BUAH KOSONG KELAPA SAWIT (EFB)	119
3.2 PENGULANGAN SEMULA <i>ACACIA MANGIUM</i>	120
3.2.1 KAEDAH PENGULANGAN SEMULA <i>ACACIA MANGIUM</i>	120
3.3 PENGADUNAN PULPA DARA <i>ACACIA MANGIUM</i> DAN EFB KEPADA PULPA SEKUNDER	123
3.3.1 PENGADUNAN PULPA DARA YANG TIDAK DIKENAKAN PEMUKULAN	124
3.3.2 PENGADUNAN PULPA DARA YANG DIKENAKAN PEMUKULAN	125
3.4 PENENTUAN NOMBOR KAPPA	127
3.5 PEMBUATAN KERTAS MAKMAL	128
3.6 PENGUJIAN KERTAS MAKMAL	130
3.6.1 PENENTUAN KEGRAMAN DAN KETEBALAN	131
3.6.2 PEMOTONGAN KERTAS UNTUK PENGUJIAN	132
3.6.3 PENGUJIAN KEKUATAN PECAHAN	133
3.6.4 PENGUJIAN KEKUATAN TENSIL	134
3.6.5 PENGUJIAN RINTANGAN KOYAKAN	135
3.6.6 PENGUJIAN KELEGAPAN DAN KOEFISIEN PENYERAKAN	136

4	KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN	138
4.1	PENGENALAN	138
4.2	PENGULANGAN SEMULA PULPA <i>ACACIA MANGIUM</i>	138
4.2.1	KESAN KE ATAS SIFAT-SIFAT FIZIK.	139
4.2.1.1	Ketumpatan kertas.	139
4.2.1.2	Kesan keatas kebasahan kertas.	143
4.2.2	KESAN KE ATAS SIFAT MEKANIK	145
4.2.2.1	Kekuatan tensil.	145
4.2.2.2	Kekuatan pecahan.	148
4.2.2.3	Kekuatan koyakan.	150
4.2.3	KESAN KE ATAS SIFAT OPTIK.	153
4.2.3.1	Koefisien penyerakkan.	153
4.2.4	RUMUSAN	157
4.3	PENGADUNAN PULPA TERULANG DENGAN PULPA DARA KRAFT TAK TERLUNTUR <i>ACACIA MANGIUM</i>	158
4.3.1	KESAN KE ATAS SIFAT-SIFAT FIZIK.	159
4.3.1.1	Ketumpatan Kertas	159
4.3.1.2	Kebasahan Kertas	161
4.3.2	KESAN KE ATAS SIFAT-SIFAT MEKANIK	164
4.3.2.1	Kekuatan Tensil	164
4.3.2.2	Kekuatan Pecahan	171
4.3.2.3	Kekuatan Koyakan	174
4.3.3	RUMUSAN	177
4.4	PENGADUNAN DENGAN PULPA DARA TAK TERLUNTUR SODA EFB	181
4.4.1	KESAN KE ATAS SIFAT-SIFAT FIZIK.	181
4.4.1.1	Ketumpatan Kertas	181
4.4.1.2	Kebasahan Kertas	184

4.4.2	KESAN KE ATAS SIFAT-SIFAT MEKANIK	187
4.4.2.1	Kekuatan Tensil	187
4.4.2.2	Kekuatan Pecahan	192
4.4.2.3	Kekuatan Koyakan	194
4.4.3	RUMUSAN	197
4.5	PERBANDINGAN DIANTARA PULPA <i>ACACIA MANGIUM</i> DAN EFB SEBAGAI PULPA PENGUAT DI DALAM PENGHASILAN KERTAS DARI GENTIAN SEKUNDER OCC	198
5	KESIMPULAN	201
6	CADANGAN-CADANGAN	203
7	RUJUKAN	204
8	LAMPIRAN	218
	LAMPIRAN A Penentuan kandungan lembapan kayu	218
	LAMPIRAN B Pemulpaan sulfat (Kraft)	219
	LAMPIRAN C Contoh pengiraan nombor kappa	222
	LAMPIRAN D Parameter terbitan dan formula	223
	LAMPIRAN E Jadual keputusan pengulangan <i>Acacia mangium</i>	224
	LAMPIRAN F Jadual keputusan penambahan Pulpa AM-A	225
	LAMPIRAN G Jadual keputusan penambahan Pulpa AM-B	226
	LAMPIRAN H Jadual keputusan penambahan Pulpa EFB-B	227
	LAMPIRAN I Jadual keputusan penambahan Pulpa EFB-A	228

SENARAI JADUAL

<u>No. jadual</u>	<u>Muka Surat</u>
Jadual 2.1 : Permintaan dunia kepada pulpa, kertas dan kertas bod bagi tahun 1991 - 2020.	8
Jadual 2.2 : Permintaan pulpa, kertas dan kertas bod untuk ASEAN bagi tahun 1995 – 2000.	8
Jadual 2.3 : Permintaan dan pertumbuhan industri kertas kertas bod di Asia Pasifik	9
Jadual 2.4 : Pengeluaran dan penggunaan kertas di Malaysia pada tahun 1999.	13
Jadual 2.5 : Kilang-kilang kertas di Malaysia	14
Jadual 2.6 : Penggunaan kertas terulang dunia – Anggaran bagi tahun 1990 – 2005	45
Jadual 2.7 : Import dan eksport kertas terulang dunia bagi tahun 1990 – 2005	46
Jadual 2.8 : Kadar penggunaan kertas terulang dunia antara 1990 – 2005	47
Jadual 2.9 : Nilai pengumpulan kertas dunia 1990 – 2005	48
Jadual 2.10 : Pungutan tempatan bagi kertas terulang pada tahun 1993	51
Jadual 2.11 : Cadangan Projek Tempat Pengumpulan Kertas Terulang Bagi Negeri Selangor Dan Kuala Lumpur	52
Jadual 2.12 : Imbangan kertas terulang Malaysia 1990 – 1995	55
Jadual 2.13 : Fokus imbangan kertas terulang di Malaysia 1995 – 2005	55
Jadual 2.14 : Kertas terulang di Malaysia	56

Jadual 2.15 :	Kapasiti baru untuk kertas pembungkusan	57
Jadual 2.16 :	Keperluan kertas sisa oleh kilang-kilang tempatan bagi tahun 1994, 1996 dan 1999.	58
Jadual 2.17 :	Kuantiti kertas terulang mengikut jenis yang diimport tahun 1999	60
Jadual 2.18 :	Istilah-istilah utama pemulpaan kraft.	83
Jadual 2.19 :	Anggaran komposisi kimia, dan morfologi gentian kayu <i>Acacia mangium</i>	88
Jadual 2.20 :	Proses penanaman hutan di Malaysia pada tahun 1996	91
Jadual 2.21 :	Perbandingan morfologi gentian kelapa sawit dengan sepsis <i>Douglas Fir</i> dan Kayu Getah.	104
Jadual 2.22 :	Komposisi kimia terhampir bagi bahan kelapa sawit yang berlainan	106
Jadual 2.23 :	Kumpulan-kumpulan berfungsi lignin (per 100 unit C_6C_3)	112
Jadual 3.1 :	Keadaan pemulpaan sulfat untuk serpih <i>Acacia mangium</i>	117
Jadual 3.2 :	Keadaan pemulpaan soda untuk gentian EFB	120
Jadual 3.3 :	Campuran pulpa dara tanpa pemukulan mengikut nisbah, peratusan dan Berat pulpa (OD)	124
Jadual 3.4 :	Pengadunan pulpa dara yang dikenakan pemukulan mengikut berat pulpa (OD)	126
Jadual 3.5 :	Senarai parameter ujian, peralatan dan kaedah pengujian bagi pengujian kertas makmal	137

SENARAI RAJAH

<u>No. Rajah</u>	<u>Muka Surat</u>
Rajah 2.1 : Pengeluaran Kertas dan Bod Dunia (Cathie dan Guest, 1991).	16
Rajah 2.2 : Purata Gentian Untuk Proses Pembuatan Kertas Dunia (Walker, 1997).	19
Rajah 2.3 : Kitaran senang kertas terulang (Cathie dan Guest, 1991)	35
Rajah 2.4 : Anggaran Penggunaan Kertas Buangan Dalam Hasil Akhir 1990 (%) (Cathie dan Guest, 1991).	40
Rajah 2.5 : Anggaran penggunaan kertas buangan dalam hasil akhir 1994 (%) (Sunil, 1995).	40
Rajah 2.6 : Kaedah biasa pengumpulan gentian sekunder	53
Rajah 2.7 : Tindak balas <i>peeling</i> , depolimeran karbohidrat dalam keadaan beralkali (Mimms, <i>et al.</i> 1989)	79
Rajah 2.8 : Proses industri pemulpaan kraft untuk menghasilkan pulpa kraft	84
Rajah 2.9 : Pokok kelapa sawit (<i>Elaeis guineensis Jacq</i>)	101
Rajah 2.10 : Tandan buah kelapa sawit, FFB	108
Rajah 2.11 : Tandan buah kosong kelapa sawit, EFB	108
Rajah 2.12 : Molekul selulosa	110
Rajah 2.13 : Tembereng struktur lignin kayu lembut yang dikemukakan oleh Adler	113
Rajah 3.1 : Proses-proses yang dilalui oleh pulpa terulang yang digunakan dalam eksperimen ini	116

Rajah 3.2 : Mesin penghadam bagi penghasilan pulpa	118
Rajah 3.3 : Penyerpai piawai	121
Rajah 3.4 : Aliran proses pengulangan semula kertas makmal (Howard dan Bichard, 1992).	122
Rajah 3.5 : Mesin pemukul Lampin Mill	125
Rajah 3.6 : Mesin pembuatan kertas dengan penekan automatic	129
Rajah 3.7 : Gelang pengeringan dengan pemberat	130
Rajah 3.8 : Alat presisian micrometer bagi pengukuran ketebalan kertas	131
Rajah 3.9 : Pemotongan kertas makmal	132
Rajah 3.10 : Alat pengujian kekuatan pecahan bagi penentuan kekuatan pecahan	133
Rajah 3.11 : Alat pengujian kekuatan tensil bagi penentuan indeks tensil	134
Rajah 3.12 : Alat pengujian koyakan bagi penentuan indeks koyakan	135
Rajah 3.13 : Alat Macbeth Optimatch bagi penentuan kelegapan dan koefisien penyerakkan kertas	136
Rajah 4.1 : Kesan ketumpatan kertas terhadap bilangan pengulangan	140
Rajah 4.2 : Mekanisme hornifikasi	142
Rajah 4.3 : Kesan kebasahan ($^{\circ}$ SR) terhadap bilangan pengulangan	144
Rajah 4.4 : Kesan indeks tensil kertas terhadap bilangan pengulangan	148
Rajah 4.5 : Kesan indeks pecahan kertas terhadap bilangan pengulangan	150
Rajah 4.6 : Kesan indeks koyakan kertas terhadap bilangan pengulangan	153
Rajah 4.7 : Kesan koefisien penyerakkan kertas terhadap bilangan pengulangan	156

Rajah 4.8 : Kesan ketumpatan kertas terhadap % penambahan pulpa	
<i>Acacia mangium</i>	161
Rajah 4.9 : Kesan kebasahan terhadap % penambahan pulpa	
<i>Acacia mangium</i>	163
Rajah 4.10 : Kesan indeks tensil terhadap % penambahan pulpa	
<i>Acacia mangium</i>	168
Rajah 4.11 : Kesan koefisien penyerakkan terhadap % penambahan pulpa	
<i>Acacia mangium</i>	169
Rajah 4.12 : Gentian <i>Acacia mangium</i> yang berikal	170
Rajah 4.13 : Kesan indeks pecahan terhadap % penambahan pulpa	
<i>Acacia mangium</i>	173
Rajah 4.14 : Kesan indeks koyakan terhadap % penambahan pulpa	
<i>Acacia mangium</i>	176
Rajah 4.15 : Graf <i>Acacia mangium</i> , indeks tensil lawan ketumpatan	178
Rajah 4.16 : Graf <i>Acacia mangium</i> , indeks tensil lawan koefisien penyerakkan	179
Rajah 4.17 : Graf <i>Acacia mangium</i> , indeks koyakan lawan ketumpatan	179
Rajah 4.18 : Graf <i>Acacia mangium</i> , indeks koyakan lawan koefisien penyerakkan	180
Rajah 4.19 : Graf <i>Acacia mangium</i> , indeks koyakan lawan indeks tensil	180
Rajah 4.20 : Kesan ketumpatan kertas terhadap % penambahan pulpa dara EFB	183
Rajah 4.21 : Kesan kebasahan kertas terhadap % penambahan pulpa dara EFB	185
Rajah 4.22 : Kesan indeks tensil terhadap % penambahan pulpa dara EFB	189
Rajah 4.23 : Kesan indeks tensil melawan koefisien penyerakkan	190

Rajah 4.24 : Kesan koefisien penyerakkan terhadap % penambahan pulpa dara EFB	191
Rajah 4.25 : Kesan indeks pecahan terhadap % penambahan pulpa dara EFB	193
Rajah 4.26 : Kesan indeks koyakan terhadap % penambahan pulpa dara EFB	196
Rajah 4.27 : Indeks tensil lawan Indeks koyakan EFB	197
Rajah 4.28 : Indeks tensil lawan % penambahan pulpa dara yang tidak dipukul	200
Rajah 4.29 : Indeks tensil lawan % penambahan pulpa dara yang dipukul	200

SENARAI SINGKATAN

%	peratus
°C	darjah Celsius
α	Alpha
β	Beta
AD	kering udara (<i>air dry</i>)
AKD	Alkil Ketena Dimer
AM-A	Pulpa dara <i>Acacia mangium</i> yang tidak dikenakan pemukulan
AM-B	Pulpa dara <i>Acacia mangium</i> yang dikenakan pemukulan
BOD	Biological Oxygen Demand
CD	melintang arah mesin (<i>Cross direction</i>)
COD	Chemical Oxygen Demand
CSF	Kebebasan pulpa piawaian Kanada (<i>Canadian standard freeness</i>)
DP	Darjah pempolimeran (<i>Degree of Polymerization</i>),
EFB	Tandan buah kosong kelapa sawit (<i>Empty fruit bunches</i>)
EFB-A	Pulpa dara EFB yang tidak dikenakan pemukulan
EFB-B	Pulpa dara EFB yang dikenakan pemukulan
FRIM	Forest Research Institute Malaysia
H ₂ SO ₄	Asid sulfurik
KMnO ₄	Kalium permanganat
MD	arah mesin (<i>mechine direction</i>)
MDF	Bod berketumpatan sederhana (<i>Medium density fibreboard</i>)
mm	milimeter

NaOH	Natrium hidroksida
Na ₂ S ₂ O ₃	Natrium tiosulfat
NSSC	Neutral sulfit semi kimia (<i>Neutral Sulfite SemiChemical</i>)
OCC	Karton berlipat lama (<i>Old corrugated cartons</i>)
OD	Kering ketuhar (Oven dry)
OPF	Pelepah kelapa sawit (<i>Oil palm frond</i>)
OPT	Batang pokok kelapa sawit (<i>Oil palm trunk</i>)
RBA	Kawasan pengikatan relatif (<i>Relative bond area</i>)
RM	Ringgit Malaysia
SFI	Sabah Forest Industries
SR	Schopper Riegler
TAPPI	Technical Association of Pulp and Paper Industry
USM	Universiti Sains Malaysia.

1 PENGENALAN

1.1 LATAR BELAKANG PROJEK

Pada amnya, penggunaan gentian sekunder (yang diperolehi dari kertas terulang) di seluruh dunia kian meningkat dari tahun ke tahun. Ianya di ramalkan bahawa pada puratanya, penggunaan kertas terulang meningkat daripada 33% pada tahun 1988 kepada 41% pada tahun 2001 (Payne,1997). Di Malaysia, penggunaannya adalah lebih tinggi kerana industri kertas pada dasarnya adalah berasaskan kertas terulang, kecuali Sabah Forest Industries yang menghasilkan kertas 100% daripada gentian dara. Ianya telah disepakati bahawa pengulangan semula mengakibatkan suatu penurunan yang signifikan di dalam kekuatan mekanik kertas yang dihasilkan. Untuk membolehkan kertas yang dihasilkan daripada kertas terulang bersaing di persada nasional mahu pun antarabangsa, lebih-lebih lagi dengan penguatkuasaan AFTA pada tahun 2003 nanti, maka kualiti kertas harus dipertingkatkan.

Persoalannya ialah bagaimana dan caranya mesti dilakukan pada kos yang serendah mungkin. Beberapa kaedah telah dipertengahan dalam industri kertas; di antaranya ialah pemukulan dan penghalusan, pemeringkatan, penggunaan bahan kimia, dan pengadunan dengan gentian dara. Namun seperti dinyatakan diatas, industri kertas menghadapi persaingan dan cabaran baru. Untuk membolehkan ia terus hidup, kekuatan kertas mesti dihasilkan pada satu tahap yang kian hari kian meningkat mengikut kehendak pasaran.

Antara yang boleh digunakan dan merangkumi kaedah-kaedah peningkatan di atas ialah pengadunan dengan gentian dara dan inilah merupakan metodologi yang digunakan dalam penyelidikan ini. Namun persoalan seterusnya ialah, gentian dara jenis apa yang boleh digunakan dan mesti dilakukan pada kos yang paling rendah? Maka

sudah tentu jenis gentian ini ialah suatu yang telah sedia ada di Malaysia, dan yang boleh memenuhi syarat ini iaitu *Acacia mangium* dan sisa lignoselulosa daripada industri minyak sawit. Jenis yang pertama merupakan spesis yang digunakan bagi tujuan program penanaman semula hutan, dan yang kedua merupakan bahan lignoselulosa buangan yang terdapat dengan banyak sekali di negara ini hasil daripada Malaysia sebagai pengeluar minyak sawit dunia. Dan di antara beberapa jenis bahan buangan lignoselulosa, gentian tandan buah kosong kelapa sawit (Empty Fruit Bunch, EFB) digunakan untuk penyelidikan ini. Manakala pulpa sekunder yang digunakan dalam penyelidikan ini terdiri daripada karton berlipat lama (old corrugated cartons, OCC) yang merupakan bahan mentah utama untuk pengeluaran kertas kotak di Malaysia.

Adalah diharapkan daripada kajian ini, suatu yang positif dapat dihasilkan di mana bahan mentah tempatan boleh digunakan bagi tujuan memperbaiki mutu kertas yang dihasilkan daripada kertas terulang agar dapat bersaing di arena dunia industri kertas.

1.2 OBJEKTIF

Malaysia adalah salah sebuah negara yang bertuah kerana kaya dengan bahan-bahan lignoselulosa; di antara yang paling ketara ialah *Acacia mangium*, sejenis spesis kayu keras tropika dan gentian-gentian buangan dari industri kelapa sawit, khususnya tandan buah kosong (empty fruit bunches, EFB). Industri pembuatan kertas di Malaysia adalah berasaskan kertas terulang. Masalah utama yang ditemui di dalam industri ini ialah kekuatan kertas yang rendah berbanding dengan kertas yang dihasilkan dari gentian pulpa dara. Berbagai usaha telah dan sedang dilakukan untuk memperbaiki kualiti kertas yang dihasilkan dari gentian-gentian sekunder.

Salah satu daripada kaedah ialah dengan cara pengadunan dengan pulpa dara. Memandangkan *Acacia mangium* dan EFB adalah merupakan bahan mentah tempatan maka kedua-dua jenis pulpa digunakan untuk melihat potensinya sebagai bahan penguat dalam penghasilan kertas terulang. Untuk merealisasi objektif ini, kajian telah dijalankan keatas sifat-sifat kertas yang dihasilkan daripada :-

- i. Kesan pengulangan pulpa kraft *Acacia mangium***
- ii. Kesan adunan pulpa kraft *Acacia mangium* tidak dipukul dan dipukul kepada kertas kotak terpakai (OCC)**
- iii. Kesan adunan pulpa soda tandan buah kosong (EFB) kelapa sawit tidak dipukul dan dipukul kepada kertas kotak terpakai (OCC)**

2 KAJIAN LITERATUR

2.1 KERTAS

Umumnya kertas ialah suatu helaian atau jaringan berterusan bahan yang terbentuk melalui pemendapan gentian tumbuhan (sumber utama), mineral, atau sintetik daripada (biasanya) suatu ampaiian di dalam air melalui suatu cara di mana gentian-gentian ini adalah berjaringan dan berikat di antara satu dengan yang lain. Ianya juga kadang-kadang ditambah dengan beberapa jenis aditif untuk memberi sifat-sifat khusus kepadanya (Cathie dan Guést, 1991).

Kertas disebut sebagai "*paper*" dalam bahasa Inggeris dan "*papier*" dalam bahasa German dan bahasa Perancis. Ia adalah berasal etimologi daripada bahasa Latin yang dipanggil sebagai "*papyrus*", iaitu di antara rumput yang hidup di muara sungai Nil di Mesir. Nama saintifiknya adalah *Cyprus Papyrus L.* Selain daripada itu terdapat juga rumput atau tumbuhan lain yang digunakan sebagai tujuan penyimpan rekod dan penulisan di masa lampau.

Walau bagaimanapun yang boleh didefinasikan sebagai kertas adalah satu bahan yang di buat atau asalnya daripada gentian dan diikat oleh ikatan hidrogen diikuti oleh kaedah-kaedah pengeringan untuk memberi sifat kertas yang berubah-ubah dan memberi bentuk dan kekuatan dengan gentian yang berbeza-beza (Hussain, 1992).

Seperti yang diketahui umum, kertas digunakan untuk mencatat atau menulis. Zaman penulisan yang awal di dunia ini menggunakan batu-bata, kulit binatang dan kayu sebagai medium tempat tulis, sehinggalah terciptanya kertas yang berkualiti daripada gentian-gentian tumbuhan kertas kedua (*second paper*), kertas ketiga (*third paper*) dan juga kertas sintetik (Hussain, 1992).

2.1.1 SEJARAH DAN PERKEMBANGAN

Secara umumnya, proses penemuan atau perkembangan teknologi kertas dunia boleh dinyatakan dalam empat peringkat atau zaman, iaitu peringkat penemuan awal, peringkat pertengahan, peringkat teknologi dan perindustrian dan peringkat komersil (Hussain,1992). Penemuan awal adalah peringkat di mana manusia menjadikan kulit kayu, kulit binatang, batu-bata sebagai tempat menulis. Sejarah penemuan awal kertas dicatatkan pada tahun 105 di negara China oleh Tsai Lun di mana kertas dibuat dengan menggunakan jala ikan dan kain buruk (Reimold dan Nissan, 1982). Ia adalah penemuan secara sulit di mana kertas dibuat daripada pulpa yang terdiri daripada gentian-gentian tumbuhan yang terikat dan beberapa campuran adunan untuk mencapai kekuatan dan warna yang mana ia masih digunakan secara kecil-kecilan dan meluas sehingga ke hari ini. Ia merupakan penemuan China secara tertutup dan barang siapa yang didapati membawa keluar akan dihukum bunuh (Bierman, 1993).

Penemuan peringkat pertengahan ialah merupakan hasil daripada kegiatan manusia di masa lampau yang suka berhijrah dari satu tempat ke satu tempat, menyebabkan rahsia penemuan awal terbongkar dan mengambil masa selama 600 tahun untuk berkembang dari timur sehingga ke Jepun, ke selatan sehingga ke Thailand dan ke barat sehingga ke Turbestan. Di mana pada tahun 1276 dicatatkan kilang kertas yang mula-mula di dunia di bina di negara Itali (Hunter, 1973). Seinggalah pada akhir abad ke 13, kilang kertas yang pertama dibina di tanah besar Eropah dan pada 1496 di England. Pada tahun 1690 ia di bina di Rittenhouse mill, Germantown, Pennsylvania dan pada 1796 kilang kertas moden yang pertama di bina di Paris iaitu "Didot paper mills" hasil usaha Ledger Didot (Reimold dan Nissan, 1982).

Perkembangan teknologi dan perindustrian merupakan satu peringkat perkembangan yang secara ringkas yang dimulakan oleh seorang mekanik daripada Didot paper mills yang bernama Nicolas Louis Robert pada tahun 1799. Hasil ciptaannya yang pertama dinamakan "*paper shaking machine*". Robert mempunyai cita-cita yang besar dalam industri kertas sepertimana digambarkan dengan kata-katanya "*I have always dreamed of simplifying the process of paper sheet formation, not only to cut production costs but also to produce sheets of unusual length*".

Hasil gabungan Ledger Didot dan Robert telah terhasil satu ciptaan prototaip "*endless-wire paper making machine*" yang terdiri daripada "*endless*", "*close-meshed wire screen*", "*rotating drum*" dan secara tidak langsung wujudkan "*conveyor belt*" yang pertama di dunia. Ini merupakan penemuan pertama proses pembuatan kertas secara berterusan "*very first conveyor-action paper making machine*" dan ianya boleh dianggap sebagai permulaan pembuatan kertas menggunakan mesin.

Di pertengahan abad ke 18, wujud pula kertas dinding dengan pelbagai corak. Di mana di kota dan istana pada masa itu kertas dinding digunakan secara meluas menggantikan perhiasan kulit. Di pertengahan abad ke 19, idea Robert's dikembangkan di England oleh Liger Didot, Henry Saely Fourdrinier dan Bryan Donkin dan wujudlah mesin yang pertama hasil kongsi tersebut di mana lebarnya 76cm pada tahun 1803. Pada 1808, hasil gabungan Donkin dan Fourdrinier, wujudlah mesin kertas kedua selebar 152cm. Bermula di Eropahlah, prinsip dan konsep pembuatan kertas berkembang ke seluruh dunia sehingga ke hari ini (Reimold dan Nissan, 1982).

Peringkat kormersial pula ia bermula tahun 1815, perkembangan pembuatan kertas berkembang ke Jerman hasil kemasukkan teknologi England dan pembaharuan teknologi ini menyebabkan ianya telah berkembang ke Austria, Switzerland di mana kajian penyelidikan, pembaharuan dibuat sehingga wujudlah Voith. Perkembangan

seterusnya dianggap cepat apabila 1809, wujudlah gabungan antara John Dickinson dan Bryan Donkin (Reimold dan Nissan, 1982).

2.1.2 PERKEMBANGAN KERTAS DI DUNIA

Umumnya industri kertas dan bod kertas berkembang pesat di dunia adalah bergantung kepada beberapa ciri atau keadaan antaranya pertumbuhan ekonomi yang baik dan pertambahan permintaan pengguna. Selain daripada faktor di atas, faktor perlaburan asing secara terus, pertambahan eksport dan juga pertambahan kepada penghuni dunia juga turut memangkinkan industri bod dan kertas ini (Walker, 1997).

Pertumbuhan dan perkembangan permintaan yang baik juga bergantung kepada kos bahan mentah atau gentian yang digunakan. Ia juga di perlukan untuk perlaburan masa hadapan yang baik dan untuk perkembangan industri perhutanan di mana banyak di fokuskan kepada gentian sekunder. Dengan lain perkataan perkembangan di dunia bukan sahaja menggunakan kertas terulang tetapi sedang mencari atau mengkaji gentian-gentian yang baru.

Peningkatan pasaran kertas dan bod juga di sebabkan oleh beberapa faktor antaranya ialah, pertumbuhan ekonomi sebanyak 5% - 10% setahun. Peningkatan perbelanjaan pengguna, perkembangan penduduk yang tinggi, peningkatan generasi muda dan pertambahan perbelanjaan kelas pertengahan dan perkembangan industri tekstil dan elektronik. Ini dapat di lihat dengan peningkatan pada pasaran pulpa dan kertas dunia iaitu pada Jadual 2.1 dan Negara-negara Asean pada Jadual 2.2.

Jadual 2.1 : Permintaan dunia kepada pulpa, kertas dan kertas bod bagi tahun 1991 – 2020 (Payne,1997).

PERMINTAAN DUNIA KEPADA PULPA, KERTAS DAN KERTAS BOD DI TAHUN 1991 - 2020				
Unit: Juta tan				
	1991	1995	2010	2020
Permintaan kertas & kertasbod dunia	239	276	476	640
Permintaan Pulpa dunia	151	172	277	355
Permintaan kayu dunia	757	861	1,386	1,777

Jadual 2.2 : Permintaan pulpa , kertas dan kertas bod untuk ASEAN bagi tahun 1995 – 2000 (Payne,1997).

PERMINTAAN PULPA , KERTAS DAN KERTAS BOD UNTUK ASEAN BAGI TAHUN 1995 - 2020				
Unit : Juta tan				
	1995	1992	2010	2020
Permintaan lima negara-negara ASEAN	6.1	8.0	30.0	68.9
Permintaan Pulpa	1.4	2.4	11.2	29.8
Permintaan kayu dunia	7.0	12.2	56.2	149.2
Permintaan kawasan hutan untuk kayu pulpa	0.3	0.5	2.2	6.0

2.1.3 PERKEMBANGAN INDUSTRI KERTAS DI MALAYSIA

Di antara negara-negara yang sedang membangun, Malaysia tergolong dalam salah satu negara yang mempunyai taraf hidup yang tinggi. Selaras dengan perkembangan dan pembangunan ekonomi, permintaan yang tinggi juga turut dirasai kepada penggunaan kertas dan bod di Asia Pasifik merujuk kepada Jadual 2.3. Bagi kadar penggunaan kertas, untuk negara-negara sebelah Asia Pasifik, Malaysia menggunakan kertas yang tinggi dan diikuti oleh Indonesia dan juga Thailand.

Jadual 2.3 : Permintaan dan pertumbuhan industri kertas kertas bod di Asia Pasifik (Payne,1997)

PERMINTAAN DAN PERTUMBUHAN INDUSTRI KERTAS DAN KERTAS BOD DI ASIA – PASIFIK (%).							
NEGARA	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Purata
- China	3.3	10.1	23.0	6.9	16.2	9.0	11.4
- Korea Selatan	11.5	13.0	8.5	8.2	8.0	19.3	11.4
- Taiwan	7.1	6.0	12.9	6.5	9.7	-4.0	6.4
- Indonesia	18.8	7.9	24.7	13.4	14.7	10.1	14.9
- Malaysia	11.1	19.0	21.7	1.6	24.0	25.1	17.1
- Filipina	9.5	18.7	17.6	1.2	7.4	2.8	9.5
- Singapura	- 1.9	6.3	22.1	- 2.8	6.3	- 4.3	4.3
- Thailand	21.5	13.3	14.5	13.8	15.0	8.3	14.4

Malaysia merupakan negara yang kaya dengan hasil-hasil semulajadi, tetapi masih bergantung kepada kertas dan kertas bod yang diimport pada tahun-tahun era 1960an dan 1970an. Pada tahun 1960an dan 1970an tidak terdapat kilang-kilang yang menjadi pengeluaran pulpa, yang ada hanyalah kilang-kilang kecil pembuat kertas seperti tisu dan kertas joss. Aktiviti pengimportan kertas meningkat pada setiap tahun di Malaysia, sebagai contohnya pada tahun 1962 Malaysia membelanjakan lebih kurang RM20 juta hanya untuk Semenanjung Malaysia dan tahun 1967 lebih RM47 juta dibelanjakan manakala pada 1982 bertambah kepada RM390 juta. Manakala dari segi kuantiti atau ton, kertas yang diimport antara 1962 – 1982 adalah melebihi 700% (Peh, *et al.* 1986).

Dengan pergantungan pada import dan perbelanjaan atau pertukaran wang asing yang tinggi menyebabkan wujud badan-badan tertentu untuk memfokus kepada perkara tersebut. Di mana pada awal 1891, Sultan Johor telah memperkenalkan lalang (*Imperata cylindrica*) dan buluh untuk dijadikan kertas. Pada tahun 1921, satu kajian dijalankan di Grik, Perak di mana penggunaan buluh sebagai bahan mentah kedua. Pelbagai bahan mentah dihantarkan ke Britain untuk dibuat kajian tentang kaedah pemulpaan dan sifat-sifat pembuatan kertas (Peel, 1959).

Timbulnya kajian-kajian dari semasa ke semasa menyebabkan wujudnya sekarang ini lebih kurang 18 buah kilang memproses kertas di Malaysia menggunakan kertas terulang dan pulpa dara sebagai bahan mentah utama. Hasil keluaran yang tinggi, murah dan kualiti yang baik menyebabkan wujudnya pembuatan kertas di industri tempatan. Umumnya, perkembangan industri kertas dan bod tidaklah berkembang pesat sehinggalah wujudnya teknologi yang tinggi di dalam pembuatan kertas. Perkembangan menambahkan penggunaan dan permintaan terhadap kertas dan hasilan kertas berterusan dengan begitu pesat. Dengan sokongan dari kerajaan dengan pelbagai

insentif, kewangan dan teknikal menyebabkan industri kertas di Malaysia berkembang dengan pesatnya.

Pada tahun 1964, hanya satu sahaja kilang kertas wujud di Semenanjung Malaysia dan bertambahnya kepada empat buah pada tahun 1974, pada tahun 1975 tiada pertambahan kilang-kertas di Malaysia tetapi pada tahun 1976 menunjukkan tanda-tanda peningkatan dalam pertumbuhan kilang-kilang kertas di Malaysia dimana kilang kertas meningkat kepada jumlah keseluruhan sebanyak tujuh buah. Pada akhir tahun 1980, bermulanya kewujudan kilang-kertas kertas dan bod terulang di Melaka, di mana bahan mentah utamanya adalah kertas terulang. Industri kertas tempatan pula berkembang pada tahun 1983 yang mana wujudnya kilang tisu muka dan tandas yang pertama menggunakan bahan mentah pulpa dara yang diimport di Johor sebagaimana Scott Paper.

Sekarang Malaysia mempunyai sebanyak 18 buah kilang yang sedang pesat beroperasi di Semenanjung dan Malaysia Timur. Di sebelah utara terdapat lima buah kilang kertas beroperasi di Kedah, Perak dan Pulau Pinang. Manakala di selatan terdapat tujuh buah kilang di Selangor, Melaka dan Johor. Di Malaysia Timur pula terdapat tiga kilang kertas yang mana dua buah kilang terletak di Kuching Sarawak dan satu kilang pulpa atau lebih di kenali sebagai "*intergrated pulp*" di Sipitang Sabah.

Sebanyak 15 buah kilang kertas berdaftar dengan persatuan pekilang pulpa dan kertas Malaysia yang memulakan operasi pada Ogos 1980. Selain daripada Sabah Forest Industrial di Sipitang Sabah, kesemua kilang kertas adalah kertas terulang untuk menghasilkan tisu, *liner*, *fluting*, kertas akhbar, kertas percetakan, kertas tulis dan juga kertas joss (Kong, 2000).

Berbanding dengan negara Indonesia dan Thailand, kadar pengeluaran industri kertas dan bod di Malaysia dikira masih lagi bersaiz kecil dan rendah di mana Japan berupaya menghasilkan kurang dari 10,000 metrik ton setahun pada 1993, manakala enam berupaya mengeluarkan antara 20,000 – 80,000 metrik tan setahun. Walau bagaimanapun, terdapat dua buah kilang yang berupaya mengeluarkan hasil antara 100,000 – 165,000 metrik tan setahun. Genting Sanyen (M) Sdn. Bhd adalah yang terbesar dengan menghasilkan keluaran lebih kurang 250,000 metrik tan setahun.

Keluaran kilang kertas telah bertambah dari tahun ke tahun, di mana pada tahun 1991, Malaysia mengeluarkan 378,000 metrik tan untuk kesemua jenis kertas dan kertas bod. Pada 1992, kadar pertumbuhan meningkat sebanyak 5%, di mana keluaran bertambah kepada 397,400 metrik tan. Walau bagaimanapun pada tahun 1993, satu pertumbuhan yang drastik di mana keluaran kertas Malaysia bertambah sebanyak 43% iaitu 568,503 metrik tan, di mana berlakunya pertambahan kapasiti untuk Genting Sanyen (M) Sdn. Bhd dan Pascorp Paper Bhd.

Perkembangan pengeluaran adalah sejajar dengan trend penggunaan kertas dan kertas bod di Malaysia di mana pada tahun 1991 – 1993 pertumbuhan tahunan berbanding dengan penggunaan adalah antara 21% dan 27%. Perkembangan ini akan menjadikan Malaysia sebagai pengeluar kertas yang bermutu tinggi dan dapat mengurangkan kadar import di mana pada tahun 1992 ia menurun sebanyak 34% dan pada tahun 1993 kadar import turun kepada 13% manakala pada tahun 2000 kapasiti keseluruhan pengeluaran untuk kertas dan kertas bod adalah 1.1 juta tan. Pertambahan sebanyak 200,000 tan dari tahun sebelumnya iaitu pada tahun 1999. (Kong, 2000).

Sebagaimana yang di ketahui, kertas adalah bahan komoditi penting kepada kehidupan manusia, oleh itu perkembangan kertas samada dari segi pengeluaran, teknologi, pasaran dan penggunaan adalah selaras dengan pertumbuhan penduduk atau

perkembangan manusia. Malaysia tidak ketinggalan dari segi perkembangan tersebut. Umumnya manusia menggunakan kertas terbahagi kepada tiga kategori utama iaitu perhubungan sebanyak 45%, pembungkusan sebanyak 40% dan *hygienic* atau kesihatan sebanyak 15 %. Ini dapat digambarkan dengan Jadual 2.4. di bawah untuk pengeluaran dan penggunaan tiga jenis kertas tersebut (Kong,2000).

Jadual 2.4 : Pengeluaran dan penggunaan kertas di Malaysia pada tahun 1999.

Jenis Kertas	Nota	Pengeluaran	Pertambahan import	Pengurangan eksport	penggunaan	%
Pembungkusan (Cmp & liner)	A	477,459	408,875	76,043	810,291	48
Kertas akhbar	B	122,880	142,808	41,927	223,761	13
Perhubungan (buku penerbitan)	C	150,000	210,794	59,891	300,903	18
Hygienic (tisu, napkin)	D	82,800	3,404	18,122	68,082	4
kertasbod, penglitup	E	55,200	265,050	46,854	273,396	16
Jumlah		888,339	1,030,931	242,837	1,676,433	100

Nota : A – kesemua kilang mengeluarkan kertas pembungkusan

B – Malaysia Newsprint Industri

C – Sabah Forest Industri

D – Nibong tebal, Yeong Chaur Shing, Kimberly – Clark, Taiping paper mills.

E – Cita Penchon, See Hua paper, Theen Seng paper, Union paper

Kilang-kilang kertas di Malaysia juga dapat dibahagikan kepada tiga kategori utama iaitu gred industri *brown*, tisu dan “*wood free*” (Kong,2000) seperti Jadual 2.5 di bawah:

Jadual 2.5 : Kilang-kilang kertas di Malaysia

1.	<p>INDUSTRIAL BROWN PAPER</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Genting Sanyen Industri 2. Muda Industri 3. Pascorp Paper Industri 4. Johnwah Maju 5. Trio Paper 6. United Paper Industri 7. Lee Kok
2.	<p>TISU</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Kimberly – Clark 2. Nibong Tebal Paper Mills 3. Union Paper 4. Pembuatan Kertas 5. Taiping Paper Mills
3.	<p>WOOD FREE</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sabah Forest Industri
4.	<p>NEWSPRINT</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Malaysia Newsprint Industri

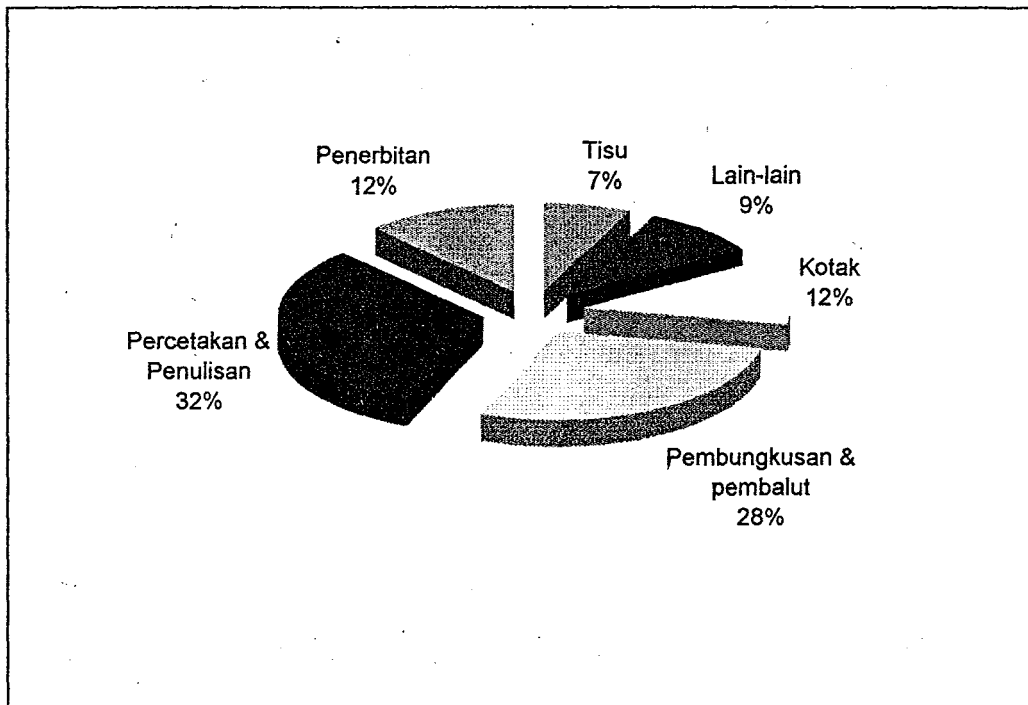
Perkembangan industri kertas dan kertas bod di Malaysia semakin berkembang pesat dan menjadi begitu penting seiringan dengan pertumbuhan ekonomi yang baik. Pengeluaran kertas dan kertas bod di Malaysia berkembang selaras dengan program AFTA dan CEPT yang di lancarkan oleh kerajaan. Pada masa yang sama, kualiti dan teknologi pengeluaran amat penting dan dititik beratkan untuk menyaingi pasaran ASEAN dan antarabangsa.

Umumnya, industri kertas bergerak ke hadapan dengan status yang menyakinkan di mana banyak kilang-kilang kertas menambahkan kapasiti dan ada juga yang membuat perancangan untuk meningkatkan pengeluaran dan menambah mesin-mesin kertas dikilangnya.

2.1.4 JENIS-JENIS KERTAS YANG DI HASILKAN

Hasil kertas dan bod adalah amat penting untuk industri moden pada hari ini. Dua fungsi utama ialah sebagai bahan penyampai maklumat atau perhubungan dan pembungkusan barangan semasa penghantaran dan pembahagian. Umumnya, bahan penyampai maklumat atau perhubungan termasuk suratkhobar, majalah-majalah, buku-buku, iklan-iklan, surat-surat dan lain-lain lagi. Manakala bagi bahan pembungkusan pula terdiri daripada kotak-kotak, pembungkus bag, pembalut-pembalut dan lain-lain. Penyampai maklumat dan pembungkusan ialah satu kaedah di mana pengguna dapat menilai produk dan harga yang berpatutan. Selain daripada itu pemberitahuan tentang penggunaan produk, arahan atau aturan, kandungan, tarikh keluaran dan luput dinyatakan terutama sekali kepada barangan makanan dan minuman. Bagi ubat-ubatan dan farmasi aturan kegunaan dan keselamatan disertakan. Pembungkusan juga memainkan peranan penting dalam konteks mempromosikan barangan (Nordman, 1976).

Hasil keluaran kertas digunakan secara meluas bergantung kepada fungsi dan sifat-sifat kertas. Terdapat tujuh kategori utama hasil kertas dan bod bergantung kepada fungsi dan kegunaannya iaitu, percetakan dan penulisan, kotak, penerbitan, tisu, pembungkusan dan pembalut . Rajah 2.1 menunjukkan pengeluaran kertas dan bod dunia (Cathie dan Guest, 1991).



Rajah 2.1 : Pengeluaran Kertas dan Bod Dunia (Cathie dan Guest, 1991).

Lebih 85 juta tan kertas percetakan dan penulisan dihasilkan dan digunakan. Kategori ini merupakan yang paling besar permintaannya dan digunakan seperti untuk penghasilan buku-buku majalah-majalah, kegunaan pejabat, kertas komputer dan peralatan penulisan. Kaedah pembuatan dan sifatnya berbeza-beza bergantung kepada permintaan dan kegunaannya (Payne, 1997). Faktor yang penting untuk kertas jenis ini ialah "*runability*", kelegapan dan kebolehan untuk pencetakan, kecerahan dan kelicinan. Masalah utama bagi kertas terulang ialah untuk mendapatkan "*runability*" dan kecerahan yang maksimun. Umumnya, kebanyakan kilang menggunakan kandungan gentian kertas terulang antara 30% dan 40% di campurkan dengan gentian dara dalam proses pembuatan untuk mengatasi masalah tersebut (Nordman, 1976).

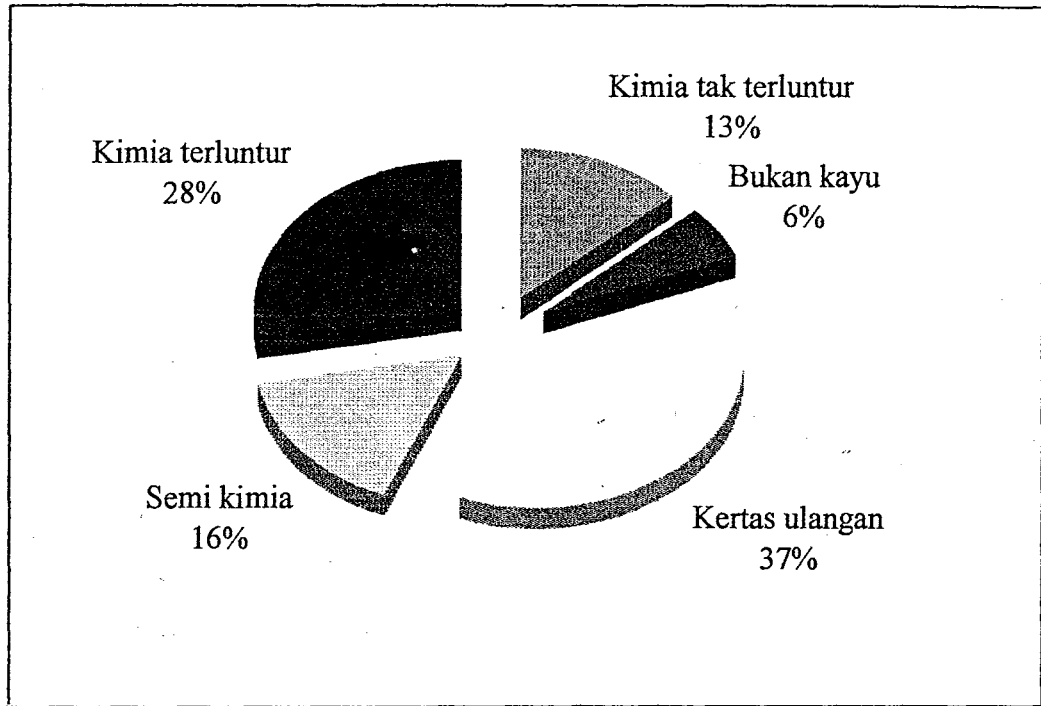
Industri pembuatan kertas "*liner*", "*fluting*" dan pembungkusan menggunakan kuantiti kertas terulang yang banyak. Ia menggunakan jenis kertas yang kualiti rendah di mana kebanyakan gentian yang digunakan juga dari gred yang rendah asalkan terdapat sedikit kekuatan dan dibaiki dengan penggunaan kanji (Lonnstedt, 1995). Bod pembungkusan adalah meliputi "*liner* dan *fluting*" dan pembungkusan di mana digunakan untuk tujuan pembungkusan samada untuk barang-barang besar, kecil yang mana untuk membawa pulang barang daripada supermarket dan pasar di mana hasilnya mendapat tandingan atau saingan dengan produk plastik ataupun getah. Hal ini di mana hampir 77 juta tan kertas liner, fluting dan bod pembungkusan dihasilkan di seluruh dunia (Payne, 1997).

Kertas penerbitan digunakan untuk pengeluaran suratkhobar dan bahan rujukan seperti *yellow pages*. Hal ini dimana lebih 33 juta tan dihasilkan di dunia dan ia merupakan produk yang mempunyai komoditi yang tinggi dan memberi saingan dalam pasaran. Lebih 33 juta tan bod carton dikeluarkan di dunia. Ianya digunakan untuk pembungkusan. Kebanyakan untuk produk makanan kering seperti bijirin dan

barangan rumah, pengisi susu dan buah-buahan dibungkus di dalam kotak (Payne, 1997).

Untuk kategori tisu, termasuk poket tisu, tisu tandas, tuala wanita dan barangan untuk kegunaan wanita bersalin. Tisu adalah di antara keluaran kertas di mana pelanggan mempunyai pilihan dan pembelian kertas untuk digunakan. Dalam kebanyakan kes di mana kertas terulang boleh di guna pakai untuk pembuatan kertas tisu sebagai bahan mentah. Antara perkara-perkara penting yang perlu di ambil perhatian adalah kelicinan dan kebolehan penyerapan. Kebanyakannya menggunakan 100% pulpa dara dan penggunaan pulpa sekunder bergantung kepada kebolehan yang boleh digunakan untuk proses pencampurannya. Lebih kurang 20 juta tan tisu dikeluarkan di seluruh dunia. Perlu diingat, tisu mempunyai berat asas yang ringan oleh yang demikian kualiti yang tinggi amat diperlukan (Cathie dan Guest, 1991). Kategori-kategori lain merupakan satu kategori yang tinggi dan istimewa. Sebagai contoh paket bag untuk teh, penapis, nota bank, kertas keselamatan, penyejuk, kertas surih, kertas rokok, kertas joss, kertas kegunaan rumah dan lain-lain lagi.

Kertas terulang merupakan bahan mentah utama di mana negara-negara membangun merupakan pengeluar dan pengguna utama. Mengikut statistik pada 2005 pertambahan kepada 187 juta tan kertas terulang dikumpulkan dan digunakan untuk proses pembuatan kertas. Oleh yang demikian, kertas terulang merupakan salah satu bahan mentah utama untuk pembuatan kertas dunia seperti yang ditunjukkan pada dalam Rajah 2.2. Secara umumnya, global industri kertas adalah kitar semula, di mana lebih satu pertiga daripada bahan mentah datangnya daripada kertas terulang. Ianya juga bergantung kepada produk dan negara serta keadaan pulpa kayu (Walker, 1997).



Rajah 2.2 : Purata Gentian Untuk Proses Pembuatan Kertas Dunia (Walker, 1997).

2.1.5 SIFAT-SIFAT KERTAS

Secara umumnya sifat-sifat kertas boleh dibahagikan kepada 4 kumpulan iaitu :

1. fizikal
2. optikal
3. kimia
4. elektrik/konduktiviti

2.1.5.1 Fizikal dan Mekanikal

Jenis-jenis sifat kertas yang termasuk dalam kumpulan mekanikal ini ialah kegraman, ketebalan, ketumpatan, kepukalan, lipatan, koyakan, tensil, kehalusan, pecahan, keporosan dan kelicinan (James, 1985 ; Smook,1992 ;Kaarlo Niskanen, 1998).

a) *Kegraman / berat*

Kegraman ialah satu ukuran berat untuk satu helaian kertas di mana ianya bergantung kepada luas kawasan kertas itu dinyatakan dalam unit g/m^2 . Kegraman akan mempengaruhi keputusan sifat-sifat mekanikal lain jika ia tidak seragam. Ini disebabkan kegraman mempunyai kaitan yang rapat dengan kawasan kelembapan dan berat. Contohnya, kegraman dilihat melalui formula penentuan ketumpatan, tensil, kepecahan, koyakan dan panjang pemutusan.

b) *Ketebalan/ketumpatan*

Ketebalan juga merupakan ukuran yang spesifik yang menentukan gred kertas. Ia adalah suatu ukuran jarak antara permukaan atas dan bawah kertas. Ia dinyatakan dalam unit mm dan mempengaruhi hampir semua sifat fizikal, optikal dan elektrik

kertas. Ketebalan yang seragam adalah penting dalam kertas percetakan. Ketumpatan pula adalah satu ukuran nisbah jisim kepada isipadu. Ketumpatan (g/cm^3) memberi kesan juga kepada kekuatan, kegraman dan ketebalan kertas. Ketumpatan dan ketebalan adalah berkaitan apabila kegraman ditetapkan.

c) Kepukalan

Kepukalan ialah satu ukuran dimana berat gentian di dalam isipadu spesifik yang dinyatakan dalam unit m^3/g . Ini adalah berkaitan dengan ketumpatan di mana ianya berkadaran songsang antara satu sama lain. Kebiasaannya, nilai kepukalan untuk kertas antara 0.5 ke 0.75 bergantung kepada ketumpatan sesuatu kertas. Kebanyakan kertas seperti 'glassine' mempunyai kepukalan 1.0 atau lebih, di mana selulosa mempunyai kepukalan antara 1.5 yang menunjukkan dalam kebanyakan kertas, 50% atau lebih kawasan yang kosong dalam struktur yang kebanyakan diisi oleh udara. Sifat-sifat ini penting untuk menjelaskan keupayapadatan gentian basah, keofisien penyerakan, luas ikatan relatif gentian dan kemudahan penyaliran pulpa diatas mesin kertas.

d) Koefisien penyerakan

Apabila dilihat pada asas bahan mentah dan proses pembuatan kertas di dapati kebanyakan kertas berada dalam karektor yang tidak sama. Di mana kebanyakan bahan kertas terdiri daripada molekul yang pelbagai bentuk seperti bulat, empat segi, nipis, tebal, berlainan kepukalan dan kandungan bahan kimia. Ini semua memberi kesan kepada kadar penyerakan kertas. Koefisien penyerakkan ini juga secara tidak langsung menunjukkan bilangan ikatan gentian yang terdapat dalam sesuatu kertas tersebut. Jika nilai koefisien penyerakkan tinggi, ini menunjukkan

kurang ikatan akibat dari pembiasan yang banyak berlaku dalam jaringan kertas tersebut.

e) Pembentukan

Pembentukan ditafsirkan sebagai satu kerserataan taburan gentian dan komponen pepejal yang lain yang terkandung dalam kertas. Secara umumnya, pembentukkan helaian kertas boleh dilihat dibawah cahaya atau pancaran cahaya yang menembusi helaian kertas. Pembentukan amat penting untuk sifat-sifat seperti kertas percetakan dan penulisan. Ini bergantung juga kepada keadaan proses, penyediaan stok, mesin pembuatan dan bahan mentah yang digunakan.

f) Kekuatan tensil

Kekuatan tensil adalah tegasan tensil maksima yang terbina sewaktu berlaku pemutusan satu jalur kertas dibawah keadaan yang telah ditentukan. Kekuatan tensil adalah pendekatan yang lebih asas bagi pengukuran kertas berbanding dengan kekuatan konvensional yang lain dan merupakan komponen penting bagi kekuatan pecah, koyakan dan lipatan yang lebih kompleks dimana ia dipengaruhi oleh jenis bahan mentah atau jenis gentian yang digunakan, proses, kualiti dan pengendalian gentian. Kekuatan tensil adalah lebih baik pada arah mesin berbanding arah melintang mesin disebabkan lebih banyak penyusunan gentian pada arah mesin tersebut. Ianya amat penting terutama sekali untuk kertas percetakan dan akhbar.

g) Panjang pemutusan

Kekuatan panjang pemutusan adalah salah satu sifat kertas yang berkaitan dengan tensil dan kegraman. Menurut TAPPI T494, panjang pemutusan dapat

ditakrifkan sebagai panjang kertas yang boleh putus dibawah beratnya sendiri jika salah satu hujungnya digantungkan. Suatu kertas yang mempunyai kekuatan tensil yang tinggi juga memiliki panjang pemutusan yang tinggi. Sifat ini adalah penting bagi kertas yang memerlukan kekuatan semasa penghasilan dan penggunaan seperti kertas percetakan dan sebagainya. Unit untuk panjang pemutusan ialah daya atau kawasan.

h) Kerintangan koyakan

Ianya merupakan satu sifat kekuatan struktur dalaman bagi helaian kertas. Ia dikaitkan dengan rintangan kertas daripada mengalami koyakan. Dalam pembuatan kertas ia adalah satu ukuran untuk ujian kawalan dan digunakan secara meluas dalam ujian kertas dan kertas bod. Kekuatan gentian biasanya bergantung kepada panjang gentian dan pengikatan antara gentian. Ukuran kerintangan koyakan biasa bergantung kepada susunan gentian samada ianya mengikut mesin (MD) atau berlawanan dengan mesin. Dimana bacaan untuk (MD) lebih tinggi daripada melintang mesin (CD). Terdapat tiga jenis kerintangan koyakan yang biasa digunakan dalam mengukur kekuatan kertas iaitu :

- Koyakan hujung
- Koyakan dalaman
- Koyakan satu arah

i) Ketahanan lipatan

Adalah satu ukuran yang kompleks dan biasa untuk sifat-sifat mekanikal. Ia adalah amat penting untuk kebanyakan gred kertas dan bod. Ujian untuk ketahanan

lipatan adalah kompleks dan merupakan gabungan yang berkaitan dengan tensil, 'stretch', 'pliability', 'compression resistance' dan 'shear stresses' dan 'strains'.

Terdapat perbezaan antara kertas dan bod dalam ketahanan lipatan iaitu bagi bod banyak digunakan dalam pembuatan kotak, bag, sampul surat banyak menggunakan lipatan dalam proses. Secara amnya ketahanan lipatan boleh dibahagikan kepada dua jenis :

- Lipatan berulang
- Folability

Ianya juga bergantung kepada pembentukan, kaedah ujian yang dijalankan, penghalusan dan operasi mesin pembuatan. Ianya juga bergantung kepada samaada ianya diukur mengikut mesin (MD) atau melintang mesin (CD). MD memberi bacaan yang tinggi berbanding dengan CD. Juga berat asas dan kelembapan mempengaruhi ketahanan lipatan.

j) Kekakuan

Kekakuan ialah sifat di mana kertas mempunyai kekuatan terhadap beban (*force*) daripada dibengkokkan (*bend*). Kekakuan sangat penting untuk penggunaan kertas. Faktor yang memberi kesan kepada kekakuan :

1. ketebalan
2. modulus young pulpa
3. kawalan semasa pengujian
4. kelembapan
5. rawatan permukaan
6. ikatan gentian
7. orientasi gentian