

PENGHASILAN KERTAS DARIPADA PULPA
KENAF: KESAN PEMUKULAN DAN PENGADUNAN
GENTIAN

oleh

NURULHUDA BINTI IDRIS

Tesis yang diserahkan untuk
Memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains

Jun 2008

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Penyayang

Segala kepujian dan kesyukuran dipanjatkan kepada ke hadrat Allah swt, yang tanpa izinnya kajian ini tidak akan berjaya disiapkan. Sekalung penghargaan dan ucapan terima kasih kepada penyelia saya iaitu Prof. Madya Dr. Wan Rosli Wan Daud yang telah memperuntukkan masa, tenaga, tunjuk ajar dan segalanya bagi menjayakan kajian ini. Seterusnya kepada En. Azizan, En. Abu, Dr. Rushdan, dan Dr. Mazlan yang turut membantu dan memberi pandangan sepanjang penyelidikan ini.

Tidak dilupakan penghargaan buat suami tercinta, Azwar Ibrahim. Juga anak-anak tersayang dan keluarga yang memahami dan memberi galakan. Terima kasih juga diucapkan buat mama dan baba yang sentiasa mengharapakan yang terbaik dan menghulurkan bantuan.

Seterusnya, kepada rakan-rakan yang sama-sama bertukar-tukar fikiran, dan turut memberi semangat bagi menyiapkan penulisan tesis ini. Penghargaan yang tak ternilai buat semua yang terlibat dalam menjayakan penyelidikan ini. Segala kebaikan amat dihargai dan semoga Allah memberkati usaha kita di dunia dan akhirat.

NURULHUDA IDRIS

Februari, 2008

SENARAI KANDUNGAN

Penghargaan	ii
Senarai Kandungan	iii
Senarai Jadual	x
Senarai Rajah	xi
Senarai Graf	xii
Senarai Singkatan	xiv
Abstrak	xv
Abstract	xvii

BAB 1: PENGENALAN

1.1	Latarbelakang	1
1.2	Kenaf sebagai tumbuhan pelbagai potensi.....	2
1.3	Kelebihan dan kekurangan Kenaf dalam pemulpaan	3
1.4	Objektif kajian	5

BAB 2: TINJAUAN LITERATUR

2.1	Kertas	6
2.1.1	Perkembangan industri kertas	6
2.1.2	Penggunaan kertas	7
2.1.3	Sifat-sifat kertas.....	11

2.1.3.1	Pembentukan	12
2.1.3.2	Kegraman	15
2.1.3.3	Darjah kebebasan	16
2.1.3.4	Ketebalan	17
2.1.3.5	Ketumpatan	18
2.1.3.6	Kekuatan tensil	19
2.1.3.7	Kelegapan	21
2.1.3.8	Kecerahan.....	23
2.1.3.9	Koyakan.....	24
2.1.3.10	Pecahan.....	25
2.1.3.11	Lipatan.....	26
2.1.3.12	Penyimpanan sampel	26
2.2	Pemulpaan	28
2.2.1	Mekanisma tindakbalas	31
2.2.2	Hasilan	34
2.2.3	Antakuinon	36
2.3	Pemukulan	39
2.3.1	Sifat kekuatan	42
2.3.2	Pembentukan kertas	42
2.3.3	Sifat-sifat yang berkaitan dengan ketumpatan	43
2.4	Pengadunan	45
2.5	Kenaf	47
2.5.1	Sejarah penggunaan Kenaf dalam industri pemulpaan	47
2.5.2	Ciri-ciri tumbuhan Kenaf	48

2.5.3	Komposisi kimia Kenaf	52
2.5.3.1	Selulosa	53
2.5.3.2	Hemiselulosa	55
2.5.3.3	Lignin.....	56
2.5.3.4	Nombor Kappa.....	57
2.5.3.5	Ekstraktif	57
2.6	Kertas terulang	58
2.6.1	Jenis-jenis kertas terulang	58
2.6.1.1	Kertas suratkhbar	59
2.6.1.2	Bod gelugor	60
2.6.2	Sifat-sifat gentian terulang	61
2.6.3	Faktor yang mempengaruhi pengulangan semula gentian	62
2.6.4	Kawalan mutu gentian terulang.....	63
3.0	METODOLOGI	
3.1	Langkah-langkah Eksperimen	65
3.2	Pemulpaan Soda-AQ	67
3.3	Penentuan nombor kappa	68
3.3.1	Pempiawaian larutan kalium pemanganat (KMnO_4)	70
3.3.2	Pempiawaian larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)	71
3.4	Penyediaan stok pulpa... ..	71
3.4.1	Penyepaian pulpa	71
3.5	Ujian kebebasan	72
3.6	Pemukulan	73

3.6.1	Pembuatan kertas	73
3.6.1.1	Penentuan konsistensi	73
3.6.1.2	Penghasilan kertas	74
3.6.2	Ujian kertas	75
3.6.2.1	Ujian kegraman	75
3.6.2.2	Ujian ketebalan	76
3.4.2.3	Ujian-ujian mekanikal	76
3.7	Pengadunan : Bast & Core	78
3.7.1	Ujian kebebasan (CSF)	79
3.7.2	Ujian mekanikal	79
3.7.3	Ujian fizikal	79
3.8	Pengadunan bersama gentian terulang	80
3.8.1	Penyediaan gentian terulang: bod gelugor (CB)	80
3.8.2	Penyediaan gentian terulang: 'bucu suratkhobar' (NE)	80
3.8.3	Pengadunan	81
3.8.4	Pembuatan kertas	81
3.8.5	Ujian kebebasan	81
3.8.6	Ujian mekanikal	82
3.8.7	Ujian fizikal	82

4.0	KEPUTUSAN & PERBINCANGAN	
4.1	Sifat-sifat pulpa	83
	4.1.1 Nombor kappa	85
	4.1.3 Kebebasan	87
4.2	Kesan pemukulan	88
	4.2.1 Ketumpatan	88
	4.2.2 Sifat mekanikal dan fizikal kertas	90
	4.2.2.1 Kekuatan pecahan	90
	4.2.2.2 Kekuatan koyakan	94
	4.2.2.3 Kekuatan lipatan	97
	4.2.2.4 Kekuatan tensil (jarak-sifar)	99
4.3	Pengadunan pulpa	101
	4.3.1 Sifat mekanikal	103
	4.3.1.1 Kekuatan pecahan	103
	4.3.1.2 Kekuatan koyakan	105
	4.3.1.3 Kekuatan lipatan	107
	4.3.1.4 Kekuatan tensil (jarak-sifar)	108
	4.3.1.5 Kesimpulan	109
	4.3.2 Nisbah optimum pengadunan	110
4.4	Potensi gentian Kenaf sebagai agen penguat bagi pulpa terulang	112
	4.4.1 Kekuatan pecahan	115
	4.4.1.1 Adunan kenaf bersama bod gelugor	115
	4.4.1.2 Adunan kenaf bersama bucu suratkhobar	118
	4.4.2 Kekuatan koyakan	120

4.4.2.1	Adunan kenaf bersama bod gelugor	120
4.4.2.2	Adunan kenaf bersama bucu suratkhobar	122
4.4.3	Kekuatan lipatan	125
4.4.3.1	Adunan kenaf bersama bod gelugor	125
4.4.3.2	Adunan kenaf bersama bucu suratkhobar	126
4.4.4	Kekuatan tensil	127
4.4.4.1	Adunan kenaf bersama bod gelugor	127
4.4.4.2	Adunan kenaf bersama bucu suratkhobar	128
4.4.5	Koefisien penyerakkan	129
4.4.5.1	Adunan kenaf bersama bod gelugor	129
4.4.5.2	Adunan kenaf bersama bucu suratkhobar	131
4.4.6	Kesimpulan	132
5.0	KESIMPULAN	134
6.0	CADANGAN-CADANGAN	137
7.0	RUJUKAN	139

8.0

LAMPIRAN

Lampiran A: Parameter terbitan dan formula	149
Lampiran B: Keputusan kesan pemukulan – Bast	150
Lampiran C: Keputusan kesan pemukulan – Core	151
Lampiran D: Keputusan kesan pengadunan – Bast & Core	152
Lampiran E: Keputusan kesan pengadunan – CB.B	153
Lampiran F: Keputusan kesan pengadunan – CB.C	154
Lampiran G: Keputusan kesan pengadunan – NE.B	155
Lampiran H: Keputusan kesan pengadunan – NE.C	156

SENARAI JADUAL

Nombor Jadual	Halaman
Jadual 2-1: Istilah gred-gred kertas	8
Jadual 2-2: Jenis-jenis gred bagi bod kertas	10
Jadual 2-3: Taburan kegraman bagi gred kertas tertentu	16
Jadual 2-4: Pengkelasan am proses pemulpaan	28
Jadual 2-5: Ciri-ciri asas beberapa proses pemulpaan beralkali	31
Jadual 2-6: Kesan penambahan AQ pada proses pemasakan tertentu	39
Jadual 2-7: Kesan pemukulan terhadap sifat kertas	42
Jadual 2-8: Taburan lignin bagi jenis kayu tertentu	52
Jadual 2-9: Dimensi terperinci komponen sel pada Bast dan Core	53
Jadual 2-10: Komposisi bagi Bast, Core dan Whole	53
Jadual 2-11: Darjah kepolimeran	54
Jadual 3-1: Kondisi pemulpaan sampel	67
Jadual 3-2 : Kadar berat (k.k) dengan peratus adunan	78
Jadual 4-1:Keputusan hasilan dan nombor kappa	86
Jadual 4-2: Nilai kebebasan (CSF) mengikut pusingan pemukulan	93
Jadual 4-3: Ringkasan keputusan kekuatan koyakan bagi pulpa adunan bod gelugor (CB) bersama Bast (B) dan Core (C)	122
Jadual 4-4: Ringkasan keputusan kekuatan koyakan bagi pulpa adunan Bucu suratkhobar (NE) bersama Bast (B) dan Core (C)	124
Jadual 4-5 : Rumusan keputusan pengadunan pulpa	133

SENARAI RAJAH

Nombor Rajah	Halaman
Rajah 2-1: Keratan rentas bod berlapis	10
Rajah 2-2: Mekanisma kedudukan gentian semasa penyaliran	13
Rajah 2-3: Persilangan gentian; syarat kesan tegangan permukaan	14
Rajah 2-4: Kesan penembusan cahaya	23
Rajah 2-5: kesan kelembapan relatif kepada sifat-sifat kertas	27
Rajah 2-6: Kitar penghasilan semula AQ	38
Rajah 2-7: Rajah skematik bahagian Kenaf	49
Rajah 2-8: Batang monokotiledon	50
Rajah 2-9: Batang dikotiledon	50
Rajah 2-10: Unit-unit pembinaan lignin dalam tumbuhan	56
Rajah 3-1: Lakaran kasar keseluruhan kajian	66
Rajah 4-1: Lakaran keputusan keseluruhan bagi nisbah optimum pengadunan	110

SENARAI GRAF

Nombor Graf	Halaman
Graf 4-1: Ketumpatan kenampakkan bagi Bast & Core melawan pusingan pemukulan	89
Graf 4-2: Indeks pecahan bagi Bast & Core melawan pusingan pemukulan	91
Graf 4-3: Indeks pecahan bagi Bast & Core melawan ketumpatan kenampakkan	92
Graf 4-4: Indeks koyakan bagi Bast & Core melawan pusingan pemukulan	95
Graf 4-5: Indeks koyakan bagi Bast & Core melawan ketumpatan kenampakkan	95
Graf 4-6: Kekuatan lipatan bagi Bast & Core melawan pusingan pemukulan	98
Graf 4-7: Kekuatan lipatan bagi Bast & Core melawan ketumpatan kenampakkan	98
Graf 4-8: Nilai tensil jarak-sifar bagi Bast & Core melawan pusingan pemukulan	100
Graf 4-9: Nilai ketumpatan kenampakkan melawan peratus penambahan Bast	102
Graf 4-10: Nilai kebebasan (CSF) melawan peratus penambahan Bast	102
Graf 4-11: Nilai kekuatan pecahan bagi pulpa adunan Bast & Core melawan peratus penambahan Bast	104
Graf 4-12: Nilai kekuatan koyakan bagi pulpa adunan Bast & Core melawan peratus penambahan Bast	106
Graf 4-13: Nilai kekuatan lipatan bagi pulpa adunan Bast & Core melawan peratus penambahan Bast	107
Graf 4-14: Nilai tensil jarak-sifar bagi pulpa adunan Bast & Core melawan peratus penambahan Bast	108

Graf 4-15: Nilai kebebasan (CSF) bagi pulpa adunan Bast & Core melawan peratus penambahan bod gelugor	113
Graf 4-16: Nilai kebebasan (CSF) bagi pulpa adunan Bast & Core melawan peratus penambahan bucu suratkhobar	114
Graf 4-17: Nilai kekuatan pecahan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bod gelugor	117
Graf 4-18: Nilai kekuatan pecahan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bucu suratkhobar	119
Graf 4-19: Nilai kekuatan koyakan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bod gelugor	120
Graf 4-20: Nilai kekuatan koyakan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bucu suratkhobar	124
Graf 4-21: Nilai kekuatan lipatan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bod gelugor	125
Graf 4-22: Nilai kekuatan lipatan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bucu suratkhobar	126
Graf 4-23: Nilai kekuatan tensil bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bod gelugor	127
Graf 4-24: Nilai kekuatan tensil bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bucu suratkhobar	128
Graf 4-25: Nilai koefisien penyerakkan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bod gelugor	130
Graf 4-26: Nilai koefisien penyerakkan bagi pulpa adunan Bast dan Core melawan peratus penambahan bucu suratkhobar	131

SENARAI SINGKATAN

C	= core
B	= bast
CB	= corrugated board
NE	= newspaper edge
k.k	= kering ketuhar
%	= peratus
°C	= darjah Celcius
NaOH	= natrium hidroksida
KMnO ₄	= kalium pemanganat
KI	= kalium iodida
Na ₂ S ₂ O ₃	= natrium tiosulfat
mm	= milimeter
N	= Newton
kPa	= kilo Pascal
g	= gram
TAPPI	= Technical Association of Pulp and Paper Industry

ABSTRAK

Penggunaan kayu dalam jumlah yang banyak bagi tujuan penghasilan kertas telah mengakibatkan masalah bekalan yang agak runcing ketika ini. Justeru itu, penjurusan penyelidikan kini adalah ke arah pencarian bahan-bahan mentah lignoselulosik alternatif yang boleh menggantikan kayu.

Kenaf (*Hibiscus cannabinus*) adalah suatu tumbuhan bukan-kayu yang mempunyai potensi sebagai bahan mentah penghasilan kertas. Ianya terdiri daripada dua bahagian yang dikenali sebagai Bast (kulit) dan Core (batang), kedua-duanya mempunyai sifat gentian yang berbeza. Untuk mendapat manfaat yang maksimum dari perbezaan ini, maka kedua-dua jenis gentian ini di pulpakan secara berasingan. Pulpa yang dihasilkan diberi singkatan B untuk bast dan C untuk core.

Bahagian pertama penyelidikan ini adalah berhubung dengan kesan pemukulan diatas kedua-dua jenis pulpa B dan C. Ianya didapati bahawa kekuatan kertas yang dihasilkan dari gentian B menunjukkan peningkatan yang lebih ketara berbanding dengan C pada setiap tahap pemukulan.

Memandangkan B dan C mempunyai sifat gentian dan respon terhadap pemukulan yang berbeza, maka bahagian kedua penyelidikan ini adalah tertumpu kepada pengadunan kedua-dua jenis pulpa ini. Dengan mengambilkira kebebasan pulpa dan sifat-sifat mekanik kertas yang dihasilkan ianya dapat rumuskan bahawa pengadunan yang optimum ialah diantara B20%:C80% dan B40%:C60%. Dan secara kebetulan nisbah ini adalah hampir sama dengan nisbah C dan B dalam tumbuhan kenaf.

Bahagian ketiga penyelidikan ini adalah berkaitan kesesuaian B dan C sebagai agen penguat bagi memperbaiki sifat-sifat kertas yang dihasilkan dari gentian sekunder

(kertas terulang). Dua jenis kertas sekunder digunakan iaitu bod gelugor (CB) dan tepi suratkhbar yang tidak bercetak (NE). Bagi pengadunan dengan CB, pulpa B lebih memberi kesan terhadap kebebasan pulpa tetapi tidak banyak membantu kepada kekuatan mekanik kertas kecuali kekuatan koyakan. Bagi pengadunan dengan NE, kesannya adalah lebih kurang sama, di mana B memperbaiki pengaliran air dari mat kertas tetapi kurang memberi kesan kepada sifat mekanik kertas kecuali koyakan.

Secara keseluruhannya kenaf merupakan bahan yang berpotensi sebagai sumber alternatif kepada pembuatan kertas samada secara sendirian atau ianya boleh diadun dengan gentian-gentian sekunder tanpa menjejaskan kualiti-kualiti penting.

PRODUCTION OF PAPER FROM KENAF: EFFECT OF BEATING AND FIBER BLENDING

ABSTRACT

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L., Malvaceae) is a multifunctional plant which has been used for a long time and become economic catalyst for the neighbors country of Malaysia. In Malaysia itself, many investment and allocation given in order to explore the usage of this plant. Approach of this research are to observe the potential of both Kenaf fiber, i.e Bast and Core through beating and blending process. Kappa number obtain for Bast and Core are 15.89 and 19.69 respectively. The effect of beating for Bast fiber are almost alike to softwood plant since they both have the long fiber. On the other hand, core almost alike to hardwood since both have the short fiber. Blending process are divided into two section, which are; blending of Kenaf fibers (Bast & Core) to study the optimum blending ratio for this plant. The other is blending Bast and Core fibers with selected recycled pulp, which are corrugated board (CB) and newspaper edge (NE). Through this method, the potential of Kenaf in pulping are identified. The optimum ratio of blending Bast and Core point to 40:60, which is almost near to the exact ratio of real Kenaf plant. Kenaf fibers also identified as a reinforce agent to recycled fibers depending on certain condition.

1.0 PENGENALAN

1.1 Latarbelakang

Penggunaan sumber bukan kayu sebagai kertas meliputi 10% penggunaan seluruh dunia. Namun begitu, situasi ini amat berbeza bergantung kepada sesebuah negara itu. Contohnya negara China yang menggunakan lebih dari 80% keperluan kertasnya dari buluh, jerami gandum dan lain-lain gentian bukan kayu. Sebaliknya di Jepun, lebih 30 juta tan kertas digunakan setiap tahun (atau 250 kg setiap seorang), peratusan sumber bukan kayu hanyalah 0.3% (Anonymous, 2001).

Permintaan terhadap kertas semakin hari semakin meningkat, menyanggah pendapat yang beranggapan kemajuan dunia teknologi maklumat akan menjurus kepada masyarakat global tanpa kertas (paperless). Merujuk kepada situasi inilah, alternatif diperlukan sebagai sumber bahan mentah baru selain kayu yang selama ini menjadi sumber utama dalam industri pulpa dan kertas. Penggunaan kayu sebagai bahan mentah yang berterusan akan terus merosakkan hutan dan seterusnya kemungkinan berlaku pertikaian ekonomi terhadap sumber-sumber kayu terhad yang ada.

Sejak kebelakangan ini, permintaan terhadap pulpa telah meningkat dengan pesatnya terutama di negara-negara yang sedang membangun. Disebabkan kekurangan sumber kayu, bahan lignoselulosa bukan kayu telah banyak digunakan sebagai pengganti kayu contohnya bagas di negara India (Mohta, D., 2001), buluh, bagas dan jerami padi di negara China (Zheng, 1994). Di Malaysia sendiri, pencarian sumber bukan kayu giat dijalankan untuk menggantikan penggunaan sumber kayu. Sumber bukan kayu yang telah dikomersialkan sebelum ini adalah tandan kosong kelapa sawit. Penggunaan

Kenaf, boleh di anggap masih baru dalam industri pemulpaan juga kepada industri lain di Malaysia.

Sumber bukan kayu, bukan sahaja merupakan sumber yang tidak terhad malah tempoh matangnya juga agak singkat jika dibandingkan dengan sumber kayu. Kenaf secara khasnya, hanya memerlukan dalam lingkungan 150 hari sebelum boleh dikumpulkan, berbanding minimum 5-10 tahun bagi kebanyakan spesies kayu lain (Xie, et al, 1988).

1.2 Kenaf sebagai tumbuhan pelbagai potensi

Secara kasarnya, Kenaf mula dikenali di Malaysia pada sekitar tahun 2003. Pada ketika itu, ia lebih dikenali sebagai makanan untuk ternakan ruminant. Kini, setelah dijelajahi penggunaannya, didapati ia merupakan tumbuhan pelbagai fungsi. Gelaran itu dapat diberikan kerana setiap bahagian pada tumbuhan tersebut ada kegunaannya yang tersendiri. Atas kepentingan inilah, bahagian agrotek berpendapat, Kenaf merupakan tumbuhan yang berbaloi untuk di komersialkan secara besar-besaran memandangkan ia juga dapat tumbuh dengan baik pada iklim tropika Malaysia.

Bahagian daunnya digunakan untuk menghasilkan makanan bagi ternakan. Ia diproses dalam bentuk pelet, kiub, terekstrak dan sebagainya. Sebagai makanan ternakan, Kenaf di labelkan antara makanan yang mempunyai protein tinggi serta kualiti penghadaman yang baik (Khristova, et al, 1998). Bahagian kulit serta batangnya pula, di gunakan sebagai sumber lignoselulosik atau gentian dalam industri penghasilan kertas mahupun industri lain yang berkaitan dengan gentian. Selain itu, kulitnya juga

digunakan untuk menghasilkan tali dan produk-produk lain. Kegunaan-kegunaan inilah yang menjadikan Kenaf mempunyai potensi yang besar untuk terus di komersialkan di Malaysia. Kepentingan ini bukan sahaja memenuhi kehendak bidang agrotek malah turut memberi habuan dalam sektor ekonomi negara sekiranya berjaya.

1.3 Kelebihan dan kekurangan kenaf dalam Pemulpaan

Sabah telah ditetapkan sebagai negeri pertama di Malaysia yang akan mengkomersialkan tanaman Kenaf. Seluas 500 ekar tanah diperuntukkan untuk tanaman Kenaf sebagai keperluan makanan ternakan bermula September 2006. Dijangkakan pada hujung tahun 2007, lagi 2000 ekar akan dimajukan untuk kegunaan penghasilan gentian pula (anonymous, 2004). Berasaskan statistik ini, dapat dilihat penggunaan Kenaf dalam industri pemulpaan masih di peringkat awal. Kajian-kajian masih giat dijalankan bagi mengenalpasti kelebihan serta kelemahan penggunaannya dalam industri ini (Rymsza, 1998).

Kelebihan utama adalah sebagai pengganti sumber kayu. Alasan ini sahaja sudah merangkumi pelbagai aspek, terutamanya persekitaran dan ekonomi. Kenaf didapati mudah hidup di Malaysia, pertumbuhannya juga cepat dan tidak memerlukan kadar baja yang tinggi namun tetap berkualiti (Ohtani, et al, 2001). Ia juga dipercayai tegar terhadap serangan serangga perosak. Dalam setahun, tumbuhan ini boleh dituai beberapa kali mengikut tahap kesuburan tanah dan faktor-faktor lain yang berkaitan.

Dilihat dari perspektif industri pemulpaan pula, tumbuhan bukan kayu biasanya mempunyai kandungan lignin yang rendah. Keadaan ini dapat menjimatkan kos

pemulpaan kerana tidak banyak bahan kimia diperlukan untuk proses delignifikasi. Selain itu, ia juga mempunyai kandungan selulosa dan hemiselulosa yang setanding dengan tumbuhan berkayu. Oleh itu dikatakan ia menepati kehendak permintaan dalam industri pemulpaan.

Struktur Kenaf, dibahagikan kepada dua; iaitu bast (kulit) dan core (batang). Kedua-dua bahagian ini mempunyai ciri-ciri gentian yang berbeza. Perbezaan ini memberi pilihan untuk memperoleh ciri-ciri yang dikehendaki sebagai pulpa. Pemilihan tersebut akan bergantung kepada spesifikasi produk akhir yang ingin dihasilkan.

Kelemahan yang dapat diperhatikan adalah, kedua-dua bahagian tersebut tidak boleh dimasak bersama (Liu, 1994). Atau secara lebih tepat, ia memerlukan dua proses pemulpaan yang berbeza. Memandangkan kedua-dua bahagian tersebut mempunyai struktur yang berbeza, maka ciri-ciri kondisi pemulpaannya juga turut berbeza. Keadaan ini mungkin memberi masalah pada penetapan sistem mesin pemulpaan,

Walaupun Kenaf mudah tumbuh dan kuat terhadap serangan serangga, namun ia tetap menghadapi masalah penyimpanan. Waktu penyimpanan inilah selalu berlaku kerosakan pada tumbuhan tersebut. Kerosakan turut berlaku semasa proses pengangkutan (Kirschbaun, 1995). Perkara ini akan menurunkan jumlah bahan mentah terkumpul, lalu mengakibatkan kerugian pada pengilang atau pengeluar.

1.4 Objektif Kajian

Penyelidikan ini dijalankan bertujuan untuk mengkaji potensi gentian Kenaf, secara umumnya tumbuhan bukan kayu. Bagi melihat potensi gentian ini, beberapa aspek telah dilibatkan seperti proses pemukulan dan pengadunan.

Berikut di rumuskan objektif khusus kajian ini:

i) Mengkaji kesan pemukulan terhadap gentian

Pemerhatian dilakukan dengan terperinci bagi mengenalpasti tahap pemukulan optima yang diperlukan bagi kedua-dua jenis gentian. Kesan pemukulan terhadap kedua-dua jenis gentian turut diperhatikan.

ii) Mengkaji kesan pengadunan Bast dan Core. Adakah perlu?

Mengenalpasti nisbah optima pengadunan kedua-dua gentian ini. Pemerhatian turut dilakukan untuk melihat samada gentian Kenaf perlu diadun atau dibiarkan berasingan. Masalah-masalah yang hadir sewaktu pengadunan turut dikenalpasti untuk membuat hipotesis kelebihan atau kelemahan yang bakal hadir jika dikomersialkan.

iii) Melihat prestasi gentian Bast dan Core apabila diadun bersama gentian sekunder.

Membuat pemerhatian, potensi kedua-dua jenis gentian ini apabila diadun bersama gentian lain. Memastikan nisbah optima bagi gentian masing-masing.

2.0 TINJAUAN LITERATUR

2.1 Kertas

Kertas dan hasilan berasaskan gentian merupakan bahan yang memainkan peranan penting dalam kehidupan kita seharian. Penggunaan kertas dan produk-produk daripada kertas semakin meningkat dari semasa ke semasa selaras dengan peningkatan populasi manusia, peningkatan taraf hidup manusia dan pembangunan negara yang semakin pesat dan maju.

Kertas didefinisikan sebagai jaringan penyilangan gentian-gentian selulosa yang terikat antara satu sama lain. Sehingga hari ini, terdapat pelbagai jenis kriteria kertas yang dihasilkan mengikut kehendak kegunaan pengguna. Bagi menghasilkan produk mengikut spesifikasi yang dikehendaki terdapat pelbagai jenis gentian, kaedah pemasakan serta rawatan-rawatan yang boleh dilakukan.

2.1.1 Perkembangan industri kertas

Kertas merupakan evolusi pelbagai bahan lain yang digunakan sebagai media untuk merakam, menyimpan dan menyebarkan maklumat dari berzaman dahulu antaranya adalah kepingan tanah liat, tembikar, batu, kepingan logam, tulang, kayu, buluh, papirus dan juga kulit binatang. Asia telah menggunakan kepingan-kepingan kayu atau buluh untuk dijadikan media maklumat. Sementara itu, orang-orang Sumeria, Babilon dan Mesopotamia menggunakan kepingan-kepingan tanah liat. Orang-orang Mesir, Greek

dan Rom pula menggunakan skrol papirus dan orang-orang Parsi, Arab dan Yahudi menggunakan skrol kulit haiwan (Atchison dan McGovern, 1983).

Kertas merupakan perkataan dari Arab iaitu 'Qirtas' yang merujuk kepada kepingan Papirus (Azami, 1978). Terjemahan bahasa Inggerisnya; 'paper' juga merujuk kepada Papirus iaitu dari perkataan latin 'papyrus'. Papirus atau nama saintifiknya *Cyperus papyrus* merupakan sejenis tumbuhan air yang boleh didapati di Mesir, Ethopia, Jordan dan Sicily. Ia merupakan tumbuhan yang ketinggiannya boleh menjangkau 3 meter. Proses penghasilannya adalah dengan penyusunan empulurnya secara berselang-seli. Empulur ini dibasahkan, ditekan dan dijemur (Atchison dan McGovern, 1983). Penggunaan ini telah wujud sejak 3000 B.C.

Kertas yang diperbuat dari buluh agak menyamai proses pembuatan kertas kini cuma ia memakan masa yang lama. Kaedah ini mula diamalkan sejak 327 B.C. Kepingan-kepingan buluh akan direndam selama 10 hari, kemudiannya akan direbus bersama air kapur selama 8 hari dan 8 malam untuk memisahkan gentian-gentiannya (Atchison dan McGovern, 1983). Kaedah ini seterusnya mengalami proses perubahan dan penyuaian semula sehingga 1690 A.D.

2.1.2 Penggunaan Kertas

Penggunaan kertas pada masa kini amatlah meluas. Kebanyakan urusan seharian berkaitan dengan produk gentian atau kertas. Secara umumnya, ia boleh dibahagikan kepada 3 kumpulan fungsian, iaitu:

- 1) Perhubungan, maklumat dan literatur.

- 2) Komersial (Pembungkusan), kegunaan industri dan pembinaan.
- 3) Persendirian atau kegunaan sanitari.

Jadual 2-1 menunjukkan definisi bagi beberapa gred kertas yang biasa digunakan dalam 3 kumpulan fungsian di atas (Smook, 1992).

Jadual 2-1 : Istilah gred-gred kertas

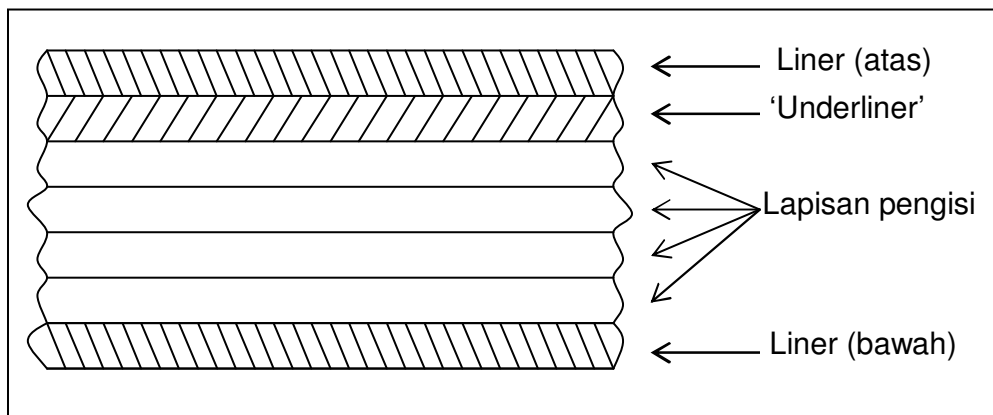
GRED	JENIS	DEFINISI
C E T A K A N	'Newsprint'	Kertas hasilan mesin yang terdiri dari pulpa mekanikal (kebanyakannya), biasanya digunakan untuk mencetak suratkhobar.
	Katalog	Merupakan cetakan berat rendah, tetapi biasanya mengandungi pengisi.
	'Rotogravue'	Biasanya merujuk kepada kertas cetakan tak terlutup, mungkin mengandungi pengisi.
	Penyiaran	Kertas pengkalendaran tinggi dan kertas majalah berlitup. Stok mentah kebanyakannya terdiri dari pulpa mekanikal, tetapi untuk gred yang terbaik menggunakan pulpa kimia.
	Kertas bank, dokumen.	Kertas kekal gred tinggi, biasanya dibuat dari sumber ambal (rag).
	Bible	Berat rendah, kertas muatan penuh dibuat dari ambal atau pulpa kimia.
	'Bond', lejar.	Kertas kualiti tinggi yang digunakan untuk kepala surat atau penyimpanan. Terdiri dari ambal atau pulpa kimia.
	Peralatan tulis	Kertas berpenampilan baik, bersifat lembut dan pukal. Biasanya menggunakan pulpa kimia, rag digunakan untuk kualiti yang lebih baik.
I N D U S T R I	Beg	Kertas kekuatan tinggi, biasanya terdiri dari pulpa kayu lembut kraft tak terluntur yang dipukul pada darjah tinggi.
	Bod dalam (linerboard)	Bod berat-rendah yang biasa digunakan sebagai pelapis pada bod gelugor. Juga digunakan untuk kertas pembalut. Terdiri dari pulpa kraft hasilan tinggi, tak terluntur dengan kualiti lapisan atas yang lebih baik untuk cetakan.
	Medium bergelugor	Digunakan untuk lapisan bergelombang pada bod gelugor. Biasa terdiri dari pulpa semi-kimia kayu keras hasilan tinggi pada ketebalan 9 'point'.
	Kertas pembinaan	Kertas cetakan yang dihasilkan pada kegraman tinggi dan pukal, biasa digunakan untuk kegunaan tadika dan seni.
	Kalis minyak	Kertas tumpat dan tidak porous dibuat dari pulpa sulfit yang dipukul pada darjah tinggi.
	'Glassine'	Dihasilkan daripada stok kertas kalis minyak dengan melembapkan serta memberikan tekanan tinggi sewaktu

		pengkalendaran. Kertas yang licin dan lut cahaya ini digunakan sebagai pembalut pelindung khas dan di ubah menjadi kertas wax.
T I S U	Tisu sanitari	Pengklasifikasian ini termasuk tisu muka, tisu tandas, produk sanitari dan napkin meja. Ciri utamanya adalah kelembutan dan keserapan. Peratusan tingginya terdiri dari pulpa kimia terpukul pada darjah rendah.
	Tisu sejat	Tisu berat-rendah, berstruktur baik (5g/m^2) dihasil daripada pulpa kraft terpukul pada darjah tinggi, digunakan sebagai kapasitor dielektrik. Secara asasnya menggunakan bahan mentah yang sama untuk stok gred pengkarbonan dan (dengan rawatan kekuatan basah) digunakan untuk uncang teh.
	Tuala	Kertas penyerap biasanya dibuat daripada pulpa kraft terpukul pada darjah rendah dengan penambahan pulpa mekanikal. Penyerapan pantas dan kapasiti menyimpan air adalah fungsi utama. Terdapat juga penambahan resin kekuatan basah untuk mengelakkan 'wet disintegration'.
	Tisu pembalut	Rekaan ini meliputi pelbagai jenis tisu yang dibuat untuk membalut dan membungkus. Ciri utamanya adalah kekuatan, bentuk yang baik dan bersih. Kegraman adalah antara $16 - 28 \text{ g/m}^2$.

Kategori kertas cetakan mempunyai permintaan yang paling tinggi antara kumpulan fungsian yang terdapat pada Jadual 2-1. Seperti yang disenaraikan, terdapat banyak jenis kertas yang dikategorikan dalam fungsi cetakan. Setiap jenis kertas tersebut mempunyai ciri-ciri yang berbeza. Kaedah pembuatannya turut berbeza bergantung kepada permintaan dan kegunaannya (Payne, 1997). Kriteria utama yang diperlukan bagi kertas cetakan adalah kebolehjalanan (runnability). Kertas terulang biasanya tidak mampu memberikan ciri kebolehjalanan yang baik. Oleh itu, kebanyakan kilang mengadunkan gentian terulang dengan gentian dara pada nisbah 3:7 untuk mengatasi masalah tersebut (Nordman, 1976).

Kategori kertas industri pula lebih banyak menggunakan kertas terulang terutamanya bahagian pembungkusan. Hal ini kerana ia menghasilkan kertas bergred

rendah, oleh itu memerlukan gentian berkualiti rendah dengan sedikit kekuatan dan boleh diperbaiki dengan penggunaan kanji (Lonnstedt, 1995). Penghasilan bod dan 'liner' juga tergolong dalam kertas industri. Apa yang membezakan antara bod dan kertas adalah kegramannya. ISO telah menentukan kegraman bagi bod adalah 224 g/m^2 dan ke atas. Nilai kegraman yang rendah dari nilai tersebut dikategorikan sebagai kertas. Terdapat dua jenis bod pada umumnya, iaitu bod selapis (single-ply) atau bod berlapis (multiply). Struktur umum bod berlapis adalah seperti Rajah 2-1 (Smook, 1992).



Rajah 2-1: Keratan rentas bod berlapis

Bod boleh dibahagikan kepada berberapa jenis gred mengikut kegunaannya (Jadual 2-2). Penggunaan bod adalah lebih tertumpu kepada sektor pembungkusan. Antara kualiti yang diperlukan adalah mempunyai kekuatan yang tinggi dan tahan hentakan.

Jadual 2-2 : Jenis-jenis gred bagi bod kertas (Smook, 1992).

JENIS	DEFINISI
Bod liner	Bod yang mempunyai sekurang-kurangnya 2 lapis, lapisan atas biasanya berkualiti lebih baik (menggunakan 100% gentian dara).

Bod makanan	Digunakan untuk pembungkusan makanan, boleh terdiri dari bod selapis mahupun berlapis, biasanya menggunakan 100% gentian dara terluntur.
Bod kotak berlipat (bod karton)	Terdiri dari bod berlapis, bahagian atas (liner) menggunakan gentian dara dan selebihnya menggunakan gentian sekunder.
Bod cip	Bod berlapis yang terdiri dari 100% gentian sekunder gred rendah.
Bod dasar	Bod yang pastinya akan dilitup (coating).
Bod 'gypsum'	Bod berlapis yang terdiri dari 100% gentian sekunder gred rendah, digunakan sebagai permukaan luar bod plaster.

2.1.3 Sifat-sifat Kertas

Sifat-sifat kertas secara amnya boleh dibahagikan kepada 5 kelas yang khusus, iaitu fizikal, optikal, kimia, elektrik dan mikroskopikal. Pada lazimnya kertas hanya akan diuji berdasarkan kelas fizikal, optikal dan kimia sahaja berdasarkan sifat kertas yang dikehendaki. Antara sifat yang tergolong dalam kelas fizikal ialah tensil, pecahan, koyakan, lipatan, ketumpatan, berat dan ketebalan. Bagi kelas optikal pula, kelegapan, kecerahan dan warna adalah antara sifat yang diuji. Kimia pula meliputi kandungan alfa-selulosa, pentosan, abu, kanji dan kelembapan.

Bahan utama dalam kertas adalah selulosa, oleh itu kebanyakan sifat kertas dipengaruhi oleh sifat selulosa. Sifat-sifat utama selulosa yang mempengaruhi kertas ialah:

- i- menyerap air – kertas akan menyerap air kecuali ia diolah
- ii- putih – kertas adalah putih kecuali ia mengandungi lignin (sebagai impurity) atau pencelup

- iii- hidroskopik – kertas adalah hidroskopik dan akan mengambil dan mengeluarkan kelembapan dengan pertukaran dalam kelembapan relatif
- iv- boleh lentur – kertas adalah boleh lentur
- v- boleh terbakar – kertas boleh terbakar

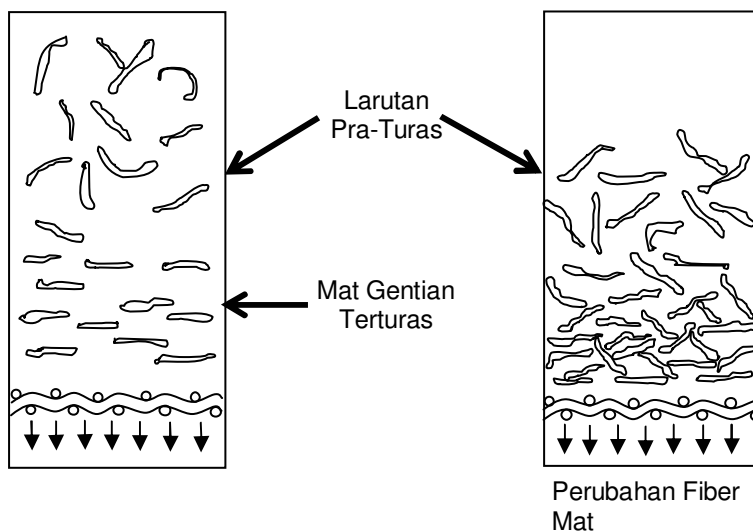
Proses pemulpaan dan pembuatan kertas memberikan kesan kepada selulosa dengan menguatkan ciri-ciri yang dikehendaki dan mengurangkan ciri-ciri yang tidak diingini. Jenis gentian yang digunakan, masa pemasakan, proses pelunturan dan darjah ikatan antara gentian memberikan pengaruh yang besar kepada sifat-sifat fizikal dan optikal (Retulainen, 1995). Semua faktor ini perlu dikawal bagi memperolehi sifat kertas yang diingini, atau dalam erti kata lain, bagi mendapatkan satu sifat kertas yang diingini kita perlu menggadaikan satu sifat kertas yang lain.

2.1.3.1 Pembentukan

Keseragaman penaburan gentian-gentian dan komponen-komponen pepejal lain dalam kertas menentukan pembentukan kertas. Secara amalnya, pembentukan sesuatu kertas ditentukan dengan meletakkannya di bawah cahaya. Dengan itu dapat dilihat struktur taburan gentian, samada ia sekata atau sebaliknya. Tanpa sebarang eksperimen, kita boleh menilai secara kasarnya samada sesuatu kertas itu mempunyai bentuk yang baik atau tidak. Kertas yang mempunyai pembentukan yang baik akan menunjukkan tekstur rapi, padat dan seragam seperti kaca. Sebaliknya kertas yang mempunyai

pembentukan tidak baik, akan menunjukkan taburan gentian yang tidak sekata seperti berkelak, corengan atau berawan bila dilihat bawah cahaya (Page, 1989).

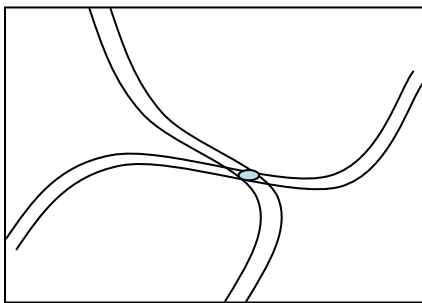
Secara amnya, sewaktu proses pengeluaran air berlaku, samada semasa penyaliran (Rajah 2-2) mahupun pengeringan, tegangan permukaan akan mewujudkan satu daya yang sangat kuat yang memadatkan dan menarik gentian-gentian ke arah sentuhan yang lebih dekat (Page, 1989). Daya tegangan permukaan adalah rendah apabila jumlah air masih mencukupi untuk memenuhi sepenuhnya ruang-ruang antara gentian dalam web. Seterusnya daya tegangan permukaan akan meningkat bermula pada kandungan pepejal dalam air adalah 11-12%. Pada waktu ini, udara membentuk satu bahagian yang besar dalam media di mana gentian-gentian terampai dan menyebabkan kawasan antara udara-air meningkat dengan cepat. Kertas dikatakan terbentuk pada kandungan pepejal 25-30%. Proses penekanan seterusnya akan menyingkirkan lebih banyak air. Pada ketika ini, kebanyakan gentian terlekat bersama dengan air dan tidak banyak lagi pengikatan terjadi.



Rajah 2-2 : Mekanisma kedudukan gentian semasa penyaliran (Panshin & Zeeuw, 1980)

Pembentukan adalah proses penaburan gentian-gentian di dalam helaian kertas. Keseragaman pembentukan merujuk kepada tahap kesekataan taburan gentian. Ia merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketidakseragaman kegraman. Seperti dinyatakan di atas, pembentukan dapat dinilai secara kasar tanpa melalui eksperimen. Namun penilaian ini masih boleh disangsi kerana ia terlalu bersifat subjektif.

Terdapat beberapa alatan untuk mengukur pembentukan kertas, misalnya Fotosel, yang mengukur kelainan pancaran cahaya yang menembusi helaian kertas. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan kertas adalah keadaan semasa penyediaan stok, mesin kertas dan perbezaan bahan-bahan yang digunakan. Syarat bagi kesan tegangan permukaan pula adalah permukaan gentian selulosa yang berdekatan tetapi tidak terendam dalam air, serta mempunyai satu titisan air antara keduanya. Misalnya dua gentian yang saling bersilang dan terdapat satu titisan air antaranya (Rajah 2-3).



Rajah 2-3 : Persilangan gentian; syarat kesan tegangan permukaan.

2.1.3.2 Kegraman

Berat merupakan spesifikasi yang utama pada kertas. Berdasarkan sifat kertas yang digunakan dalam bentuk helaian, keluasan merupakan ciri yang lebih penting berbanding isipadu. Oleh itu berat kertas dinyatakan dalam unit luas berbanding isipadu. Berat kertas dinyatakan sebagai gram per unit meter persegi dalam sistem metrik dan dinamakan kegraman. Dalam sistem English ia dipanggil berat asas (basis weight) dan dinyatakan sebagai paun per rim, paun per seribu helai atau paun per seribu kaki persegi. Satu rim boleh terdiri daripada 480 atau 500 helai kertas dan boleh mempunyai pelbagai saiz kertas.

Kandungan lembapan kertas bergantung kepada kelembapan relatif udara di sekitar kertas tersebut. Berdasarkan faktor ini, berat kertas perlu ditentukan pada satu keadaan yang piawai sekiranya ia ingin dihasilkan semula. Ini kerana, kegraman biasanya dinyatakan sebagai berat keseluruhan kertas dengan turut mengambil kira kandungan lembapan bersamanya. Keadaan piawai yang digunakan di Amerika Syarikat ialah pada kelembapan relatif 50% dan suhu 23°C. Perbezaan berat dengan perubahan kelembapan relatif adalah bergantung kepada jenis gentian yang digunakan, tahap pemukulan, peratus kandungan pengisi dan faktor-faktor lain.

Berat mempengaruhi semua ciri-ciri fizikal, kebanyakan ciri optikal serta ciri elektrik pada kertas. Kebanyakan ciri-ciri fizikal kertas seperti pecahan dan ketebalan dinilai berdasarkan kegraman kertas yang terlibat. Berdasarkan kepada faktor lembapan serta faktor-faktor lain adalah mustahil untuk mengekalkan berat sesuatu kertas pada kegraman tertentu. Urusan perdagangan membenarkan perbezaan antara $\pm 5\%$ daripada berat ditentukan. Kertas dijual berdasarkan beratnya, makin kurang berat maka makin

kurang kos per unit kawasan. Jadual berikut menunjukkan purat kegraman bagi gred kertas tertentu.

Jadual 2-3 : Taburan kegraman bagi gred kertas tertentu

GRED KERTAS	KEGRAMAN (g/m²)
Tisu	≤ 5
Tisu pembalut	16-28
Penulisan / Percetakan	40-48
Kertas akhbar	40-50
Buku	50-115
Beg kertas (simen)	120-195
Bod kertas	≥ 224

2.1.3.3 Darjah Kebebasan

Ujian penapisan atau darjah kebebasan stok pulpa merupakan petunjuk bagi kesesuaian atau kualiti sesuatu pulpa. Secara amnya, ia melibatkan rintangan jaringan pulpa terhadap penyingkiran air. Ujian ini tidak melibatkan kekuatan pulpa secara langsung sebaliknya mempengaruhi faktor ekonomi dalam perusahaan kertas. Ia memberi gambaran tempoh masa penyingkiran air sewaktu proses pembuatan kertas.

Ujian yang biasa digunakan untuk menguji darjah kebebasan stok pulpa ini ialah penguji 'Canadian Standard Freeness (CSF)'. Nilai CSF di ambil dari jumlah milimeter air yang tertapis dari muncung sisi pada konsistensi stok pulpa 0.3% dan bersuhu 20°C. Sekiranya penapisan air berlaku dengan pantas, isipadu air yang lebih banyak akan diperolehi daripada muncung sisi. Sebaliknya jika air ditapis turun dengan perlahan, air lebih banyak terkumpul pada bekas di muncung bawah. Sesuatu stok pulpa itu dikatakan bebas jika penapisan air berlaku dengan pantas. Kelambatan proses ini biasanya

disebabkan oleh kehadiran halusan atau partikel halus bukan gentian yang lain. Penguji CSF ini dikenali dari Amerika Utara. Terdapat satu lagi penguji yang agak dikenali dalam perusahaan pulpa ini, iaitu penguji Schopper-Riegler yang biasa digunakan di Eropah. Singkatan bagi darjah kebebasannya biasa diwakili oleh °SR.

2.1.3.4 Ketebalan

Ketebalan adalah antara faktor yang diutamakan oleh pengguna. Bagi sesetengah keadaan, pengguna memerlukan kertas yang kuat tetapi nipis atau keadaan sebaliknya di mana kekuatan kurang di titik berat tetapi inginkan kertas yang tebal. Ketebalan mempengaruhi hampir kesemua ciri-ciri fizikal, optikal dan elektrik bagi kertas. Ia juga mempengaruhi ketumpatan kenampakan, rintangan angin, ketegaran dan sebagainya.

Ketebalan sesuatu kertas didefinisikan sebagai jarak menegak antara dua permukaan asas bagi kertas atau bod di bawah keadaan tertentu. Kelembapan mempengaruhi ketebalan, oleh itu perbandingan dalam mengambil nilai ketebalan sesuatu kertas perlulah dilakukan di bawah keadaan suhu dan kelembapan yang terkawal atau piawai. Kebanyakan kertas dan bod menunjukkan sedikit darjah kebolehtekanan, maka tekanan yang dikenakan ke atas dua permukaan asas tadi adalah kritikal terutamanya bagi kertas yang mempunyai ketumpatan kenampakan yang rendah. Biasanya ketebalan ditentukan dibawah tekanan 7 hingga 9 psi. Namun, terdapat juga beberapa keadaan yang menggunakan tekanan 4, 15, 25 dan 35 psi.

2.1.3.5 Ketumpatan

Ketumpatan sesuatu kertas adalah antara sifat asas yang penting bagi kertas. Ia saling berkait dengan keliangan, ketegaran, kekerasan dan kekuatan sesuatu kertas, malah ia juga turut mempengaruhi setiap ciri optikal dan fizikal kertas kecuali berat kertas. Ketumpatan diwakili oleh unit gram per sentimeter padu (g/cm^3). Ketumpatan sering juga dinamakan ketumpatan kenampakan (apparent density) kerana ia turut mengambil kira ruang udara di dalam kertas dan dinilai melalui bacaan ketebalan, di mana nilainya adalah sedikit tinggi daripada ketebalan sebenar.

Terdapat juga sebutan-sebutan terbitan yang lain yang digunakan untuk menyatakan sifat yang sama (Gullichsen & Paulapuro, 1998), iaitu:

- i) Isipadu spesifik (specific volume) – isipadu (cm^3) yang dihuni oleh satu gram kertas dan ianya ialah 'reciprocal' kepada ketumpatan kenampakan.
- ii) Pecahan pepejal (solid fraction) – iaitu pecahan daripada isipadu total, yang dipenuhi oleh bahan pepejal dan dikira dengan membahagi ketumpatan kenampakan dengan 1.5 (ketumpatan selulosa).
- iii) Isipadu udara (air volume)– pecahan daripada isipadu total yang dihuni oleh udara dan diperolehi dengan menolak pecahan pepejal dari 1.

Ketumpatan kertas biasanya boleh dipengaruhi oleh banyak faktor, yang mana boleh dibahagikan kepada 3 kumpulan umum iaitu:

- i) faktor yang mempengaruhi bilangan ikatan
- ii) kehadiran bahan yang mengisi ruang di dalam kertas
- iii) pengkalendaran

Turut tergolong dalam faktor yang mempengaruhi bilangan ikatan adalah seperti kebolehlenturan sesuatu gentian, tahap pemukulan, tahap tekanan basah dan kandungan hemiselulosa. Kesan penggunaan pulpa yang berbeza kepada ketumpatan kertas adalah turut berkait dengan kebolehlenturan sesuatu gentian.

Ketumpatan kenampakkan bagi kertas adalah nisbah bagi berat kertas kepada isipadu yang ditentukan di bawah keadaan tertentu. Ia mempengaruhi hampir kesemua sifat mekanikal, fizikal dan elektrik bagi kertas, malah turut mempengaruhi kualiti percetakan, penyerapan dan kebolehlenturan.

Ketumpatan meningkat berikutan meningkatnya pemukulan, ini mungkin disebabkan oleh peningkatan kawasan gentian bersentuh. Keadaan ini menjadikan kekuatan tensil kertas juga turut meningkat. Kekuatan pecahan dan tensil adalah berkadar langsung dengan ketumpatan (MacDonald, 1969). Sementara itu bagi kekuatan koyakan (selepas mencapai titik maksimum tertentu) berkadar songsang dengan ketumpatan.

2.1.3.6 Kekuatan Tensil

Kekuatan tensil sekeping kertas didefinisikan sebagai daya selari yang dikenakan pada spesimen yang mempunyai lebar dan panjang tertentu, di bawah keadaan berbeban tertentu. Sifat ini banyak dipengaruhi oleh kekuatan gentian dan ikatan antara gentian pada sekeping kertas. Begitupun, kekuatan gentian individu dan bilangan gentian itu sendiri tidak memainkan peranan penting dalam menentukan

kekuatan kertas. Sebaliknya kawasan ikatan antara gentian yang lebih mempengaruhi kekuatan kertas.

Kekuatan tensil kertas menunjukkan nilai maksimum dalam julat ketumpatan 0.7-0.9g/cm³. Ini menunjukkan ketumpatan kertas yang optimum wujud untuk setiap pulpa atau jenis gentian. Pada kertas berketumpatan rendah, pengaruh kekuatan gentian terhadap kekuatan tensil kertas adalah diabaikan, namun ia menjadi semakin signifikan pada ketumpatan tinggi. Namun begitu, tidak boleh disimpulkan bahawa kertas yang mempunyai ketumpatan yang tertentu akan memberikan nilai kekuatan tensil tertentu melainkan ciri-ciri pemulpaannya diketahui.

Kekuatan tensil merupakan kayu pengukur kepada ketahanan dan kegunaan bagi kebanyakan kertas seperti beg pembungkus, pembalut kabel dan sebagainya yang merupakan subjek secara langsung kepada kekuatan tensil. Bagi kertas cetakan pula, kekuatan tensil menunjukkan potensi ketahanan daripada putus apabila disubjekkan kepada tegangan semasa melalui gelendung dalam proses percetakan.

Secara amnya, ujian kekuatan tensil pada kertas agak sama fungsinya dengan ujian kekuatan pecahan di mana kedua-duanya bergantung kepada terikan dan tegangan. Satu kelebihan kekuatan tensil berbanding kekuatan pecahan adalah ia boleh disukat pada kedua-dua arah, maka dapat mengesan sebarang perbezaan yang tidak normal antara kedua-dua arah. Persamaan antara kekuatan pecahan dan tensil ini adalah kedua-duanya sangat bergantung kepada faktor ikatan gentian antara gentian.

Pemukulan meningkatkan kekuatan tensil. Ini kerana susunan gentian yang semakin dekat dan teratur akan menyebabkan taburan beban semakin sekata antara gentian-gentian individu lalu meningkatkan kekuatan tensil. Semasa pemukulan, gentian panjang akan dipendekkan, oleh itu kebarangkalian untuk gentian bersimpul akan

semakin menurun. Ini membolehkan setiap gentian bersentuh dengan lebih baik dan seterusnya meningkatkan kekuatan tensil kertas.

Secara teorinya, terdapat dua keadaan berbeza yang mempengaruhi kekuatan tensil. Satu keadaan apabila kekuatan tensilnya hanyalah fungsi kepada kekuatan ikatan, iaitu kertas yang diperbuat daripada gentian yang sangat kuat. Pada keadaan ini, jalur tensil akan gagal tanpa memutuskan mana-mana gentian. Oleh itu, kekuatan tensilnya (T) hanyalah fungsi kepada kekuatan ikatan dan boleh dirumuskan kepada $T=B$ (bond).

Keadaan kedua pula melibatkan kertas yang diperbuat daripada gentian lemah tetapi mempunyai ikatan yang sangat kuat. Pada keadaan ini, jalur tensil akan gagal tanpa mengusik mana-mana ikatan sebaliknya gentian akan gagal terlebih dahulu. Oleh itu dirumuskan kekuatan tensilnya hanyalah fungsi kepada kekuatan gentian, $T=F$ (fiber). Dari sinilah kita memperolehi persamaan Page yang dipermudahkan (Cowan, 1995) iaitu satu formula yang mengaitkan kedua-dua keadaan ini; $1/T = 1/B + 1/F$.

2.1.3.7 Kelegapan

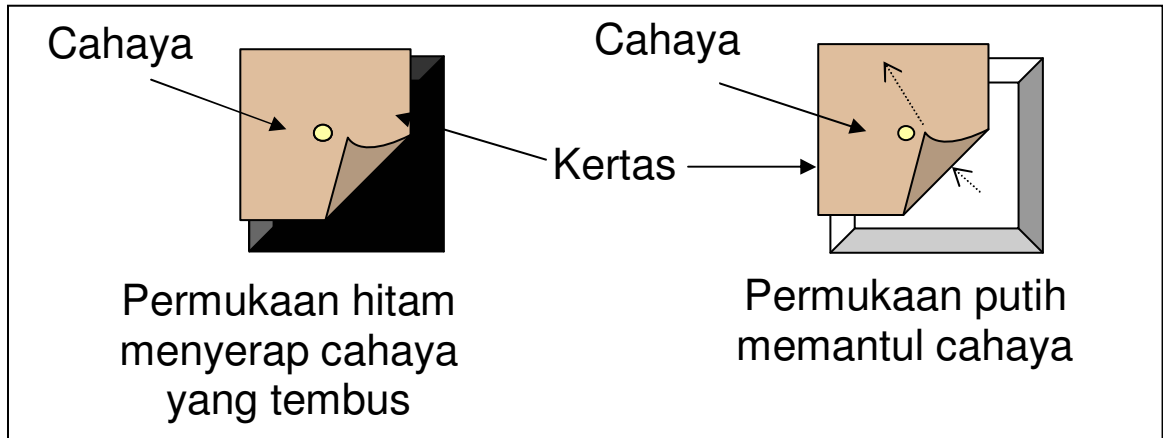
Kelegapan adalah sifat tidak telus kepada sebarang cahaya ternampakkan. Oleh itu, sekeping kertas dikatakan legap sepenuhnya apabila ia tidak telus kepada sebarang cahaya ternampakkan. Kelegapan ditentukan oleh jumlah keseluruhan cahaya yang terpancar. Ia boleh dibahagikan kepada 2 jenis iaitu kelegapan TAPPI ($C_{0.89}$) dan kelegapan percetakan (C_{∞}).

Kelegapan TAPPI yang biasanya diwakili oleh simbol $C_{0.89}$ bersamaan dengan formula $R_0/R_{0.89}$. Ia juga dikenali sebagai nisbah kontra (contrast ratio). R_0 adalah

cahaya yang dipantulkan daripada kertas yang dilapik pada permukaan hitam yang piawai. $R_{0.89}$ pula adalah cahaya yang dipantulkan daripada kertas yang dilapik pada permukaan putih (Rajah 2-4) yang mempunyai pantulan kenampakkan 91.5.

Kelegapan cetakan pula bersamaan dengan formula R_0/R_∞ . R_0 adalah cahaya yang dipantulkan daripada kertas yang dilapik pada permukaan hitam yang piawai. R_∞ adalah cahaya yang dipantulkan daripada kertas yang dilapik pada beberapa kepingan kertas yang sama. Jumlah kepingan kertas perlu dianggar sehingga penambahan kertas seterusnya tidak membawa sebarang perubahan kepada nilai pantulan. Daripada formula ini dapat dirumuskan bahawa kertas yang benar-benar lutcahaya akan memberikan nilai 0. Ini kerana warna hitam menyerap cahaya (Rajah 2-4), oleh itu apabila kertas lutcahaya dilapik pada permukaan hitam, tiada cahaya akan dipantulkan lalu menjadikan nilai R_0 adalah sifar dan seterusnya menjadikan nisbah $R_0/R_\infty=0$. Sebaliknya, kertas yang benar-benar legap akan memantulkan semua cahaya yang diterima samada ia dilapik pada permukaan hitam atau tidak. Ini menjadikan nilai $R_0=R_\infty$ dan nisbah R_0/R_∞ bagi kertas yang benar-benar legap adalah 1.

Nilai kelegapan cetakan biasanya lebih tinggi dari nilai kelegapan TAPPI. Ini kerana nilai R_∞ bagi kebanyakan jenis kertas itu adalah kurang daripada permukaan putih yang mempunyai pantulan efektif 89%.



Rajah 2-4 : Kesan penembusan cahaya

2.1.3.8 Kecerahan

Kecerahan merujuk kepada cahaya yang dipantulkan oleh kertas pada panjang gelombang 457nm iaitu warna biru yang terdapat dalam spektrum. Ia digunakan untuk menyukat kecerahan sesuatu kertas dan juga merumuskan kehadiran lignin atau bahan asing lain yang menyebabkan kertas kekuningan. Dalam kata lain, ia juga digunakan untuk menilai proses pelunturan dalam menyingkirkan kekuningan pada kertas. Kertas yang benar-benar putih atau putih yang sempurna akan mempunyai nilai kecerahan 100%, tetapi ini adalah mustahil. Filem magnesium oksida yang digunakan sebagai kecerahan piawai adalah hampir kepada putih sempurna, iaitu 97-98%. Kertas yang diluntur sulfit atau dituliskan dengan kaedah khas boleh mencapai kecerahan sehingga 90%. Bagi kertas yang tidak terluntur pula biasanya mempunyai 20-50%.

2.1.3.9 Koyakan

Kekuatan koyakan adalah rintangan suatu kertas dari mengalami koyakan. Ujian dilakukan bagi menyukat jumlah tenaga yang diperlukan untuk mengoyakkan sehelai kertas. Ujian yang biasa digunakan adalah Elmendorf. Kaedah ini mengukur daya digunakan untuk mengoyakkan kertas pada jarak tertentu dengan menggunakan pendulum yang bergerak setelah koyakan dilakukan oleh pemotong.

Antara faktor yang mempengaruhi ujian ini adalah jumlah kepingan kertas yang dikoyak, panjang gentian dan kekuatan ikatan antara gentian. Bilangan gentian yang terlibat ditentukan oleh kegraman dan kebolehlenturan. Kertas yang kaku akan memusatkan daya di atas beberapa gentian di dalam kawasan kecil tetapi kertas yang boleh lentur akan menabur daya di atas kawasan yang lebih luas (Kevin, 1992).

Kebolehlenturan dan kerebahan gentian merujuk kepada sifat perubahan basah yang mempunyai implikasi tertentu kepada kertas yang terhasil. Semasa proses pengeringan, berlakunya penyingkiran air yang menyebabkan gentian terikat melalui daya tegangan permukaan. Gentian yang mempunyai sifat kebolehlenturan yang tinggi akan memenuhi liang-liang dengan mudah dan boleh menyentuh gentian lain dengan rapat. Ini menjadikan luas kawasan sentuhan dan bilangan ikatan antara gentian meningkat. Maka, kertas yang terhasil akan menjadi lebih rapat dan ketumpatannya akan menjadi lebih tinggi (Casey, 1980).

Manakala gentian yang kaku hanya menyentuh gentian-gentian di bahagian atas dan bawahnya. Kertas yang terhasil akan bersifat terbuka, berliang dan ikatan yang lama akan terbentuk antara gentian (Casey, 1980). Oleh itu, kertas yang mempunyai kebolehlenturan yang baik akan mempunyai kekuatan koyakan yang tinggi.