

# KUALITAS FISIK KERTAS SETELAH PENGERINGAN DENGAN METODE KERING ANGIN DAN *VACUUM FREEZE DRYING*

*Roby Syafurjaya dan Sari Hasanah*

## **ABSTRAK**

*Disaster like flood, tsunami has bad impacts to the documents or archives. When exposed to water, papers and books absorb moisture. The following paper explains how two drying methods would affect wet papers. The physical characterization of papers dried by two drying methods was observed. The two drying methods used are air drying and vacuum freeze drying. After drying, the quality of paper had tendency to decrease compare to before absorbing water. For some parameters, the physical characterization of papers dried by air drying method was better than the physical characterization of papers dried by vacuum freeze drying.*

**Keyword** : *Air drying, Vacuum freeze drying, Flood*

## **PENDAHULUAN**

Salah satu penanganan arsip atau dokumen yang terendam air (banjir atau tsunami) adalah dengan pembekuan dan pengeringan menggunakan metode *vacuum freeze drying*. Berdasarkan hasil pengeringan tersebut, arsip atau dokumen dapat dibuka lembar per lembar, tidak lengket, dan kotoran seperti lumpur dan debu dapat terangkat ke permukaan kertas, sehingga waktu pembersihan menjadi lebih efektif. Akan tetapi, tidak diketahui secara pasti bagaimana kualitas fisik hasil penanganan arsip/dokumen dengan *vacuum freeze dry chamber* tersebut, sehingga untuk membuktikannya perlu dilakukan penelitian dan pengujian

laboratorium.

Proses pengeringan yang terjadi pada *vacuum freeze dry chamber* disebut liofilisasi. Liofilisasi adalah proses mengeringkan suatu bahan dengan cara menyublimkan air. Sublimasi adalah perubahan es dari bahan beku langsung menjadi uap (sublimasi) tanpa mengalami proses pencairan terlebih dahulu. Karena proses ini melibatkan suhu (pembekuan dan pengeringan) dan tekanan tertentu, perlu diketahui kualitas kertas setelah mengalami perlakuan *vakum freeze drying*. Cara yang ditempuh adalah dengan membandingkan kualitas fisiknya dengan metode kering angin. Me-

menentukan kualitas fisik kertas dilakukan dengan pengujian kekuatan fisik lipat dan sobek serta perubahan kekuatan absorpsi kertas setelah perlakuan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas fisik arsip kertas hasil pengeringan dengan *vacuum freeze* dan dengan metode kering angin, yang mendukung kegiatan perbaikan dan perawatan arsip/dokumen yang terbuat dari kertas.

## **KERTAS**

Kertas adalah lembaran yang terbuat dari serat selulosa dan atau buatan yang telah mengalami pengerjaan penggilingan, ditambah beberapa bahan tambahan yang saling menempel dan saling menjalin, umumnya mempunyai gramatur lebih rendah dari 224 gram/m<sup>2</sup>. Bahan baku dalam pembuatan kertas adalah selulosa yang berserat panjang dan pipih. Serat didapati di berbagai tempat pada tumbuhan, berbentuk berkas atau jalinan ataupun silinder kosong tak terputus-putus. Serat umumnya didapati antara jaringan vaskular, tetapi pada banyak tumbuhan dapat berkembang dari jaringan dasar, seperti jaringan *parenkim korteks*, *perisikel*, daun, dan lain-lain.

Arsip kertas adalah arsip yang informasinya terekam dalam media kertas yang berupa tulisan tangan atau ketikan. Karena informasi yang terekam berupa teks maka arsip ini disebut juga sebagai arsip tekstual.

## **DAMPAK AIR TERHADAP KERTAS**

Kertas mempunyai bahan dasar selulosa yang bersifat higroskopis, sehingga ketika bersentuhan dengan air, kertas dan buku akan menyerap kelembapan. Bahan higroskopis seperti kertas, lembaran dan kulit akan mengalami kenaikan berat dan ukuran. Kertas merupakan struktur komposit, komponen lembaran terdiri dari bahan pulp selulosa, kayu, bahan pengisi, pigment dan lain-lain yang dapat mengembang pada rasio yang berbeda. Efek air pada kertas dapat bermacam-macam, tergantung dari jenis kertas dan komposisinya, akan tetapi pada umumnya terpaan air pada kertas dapat menyebabkan beberapa hal sebagai berikut.

## **PERTUMBUHAN JAMUR**

Kertas basah dan kelembapan yang berlebih yang diserap oleh kertas dapat

menyebabkan pertumbuhan jamur atau kapang. infeksi kapang pada kertas dapat ditandai dengan terbentuknya massa berbentuk serbuk putih yang terlihat pada permukaan dokumen atau kertas. Kondisi yang basah dan lembap pada permukaan kertas, merupakan kondisi yang sangat cocok untuk pertumbuhan jamur dan kapang. Di atas permukaan kertas kapang menumbuhkan hyphae/hifa (organ seperti akar) ke dalam lapisan dalam usaha untuk mendapatkan makanan/nutrisi (selulosa) dari dalam kertas untuk pertumbuhannya. Seperti tumbuhan yang memetabolisi substansi yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya, kapang mensekresikan sitrik, oksalik, laktik dan asam organik lainnya yang merusak material tempat kapang hidup. Pada saat yang sama, tubuhnya akan menghasilkan pigmen hijau, biru, coklat, hitam, merah, dan kuning yang tersimpan pada inang. Lapisan-lapisan ini akan melekat kuat pada permukaan kertas dan sulit untuk dihilangkan, yang pada akhirnya dapat merusak teks/informasi dan kondisi fisik kertas.

Ketika jamur menyerang kertas, struktur pada kertas dihancurkan dan berlanjut hingga ke titik dimana kertas

akan menjadi lunak atau rapuh dan sobek. Aksi mekanis jamur juga menyusup antara serat dari kertas tanpa benar-benar memasukinya, dan menyebabkan lembaran/halaman buku atau dokumen akan saling menyatu dan lengket satu sama lainnya.

### **MEREKATNYA LEMBARAN KERTAS**

Pada saat kertas dikeringkan dalam kondisi yang sesuai, ia akan mulai kehilangan kandungan airnya dari permukaan terluar. Daya kapiler menyebabkan bagian dalam air bergerak keluar dan membawa berbagai macam bahan-bahan terlarut seperti pewarna, adesif, dan asam. Di dalam buku, konsentrasi bahan-bahan ini akan menyebabkan pinggiran area teks akan lengket dan menyatu bersama. Jika area teks ditinggalkan dalam kondisi ini setelah pengeringan, degradasi serius dari selulosa akan dipercepat.

Kertas yang mempunyai lapisan pelapis/*coating* memiliki masalah khusus. Komponen dasar dari pelapis yang mengandung pigmen seperti tanah liat Cina atau protein dapat terlarut sehingga dengan keberadaan air, campuran pelapis berbasis protein dan sejenis kasein dapat berbalik dari adesif

kering ke gel lalu kembali padat pada pengeringan. Ketika campuran adesif ini berada dalam keadaan cair, tekanan apapun dapat menyebabkan pelapis untuk saling menyatu dan menciptakan lapisan permanen selama proses pengeringan.

#### **MIGRASI TINTA DAN PEWARNA**

Lembaran kertas arsip atau dokumen yang mempunyai tinta mudah larut atau luntur, ketika terkena air akan mengalami masalah pelebaran atau pengaliran tintanya. Tinta yang luntur ini selain dapat merusak penampilan kertas arsip/dokumen itu sendiri juga dapat mengakibatkan hilangnya nilai informasi yang terkandung di dalam arsip/dokumen.

Metode yang paling efektif saat ini dan paling dapat diterima oleh para konservator arsip untuk stabilisasi arsip dan bahan pustaka yang dirusak oleh air adalah membekukannya pada suhu rendah. Disarankan pada level sekitar  $-30^{\circ}\text{C}$  ( $-20^{\circ}\text{F}$ ); dan material beku tersebut tetap berada pada penyimpanan beku. Pembekuan cepat, seperti pembekuan secara mendadak (*Blast Freezing*), adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan formasi sekecil mungkin kristal es. Pembekuan

perlahan menghasilkan kristal besar seperti jarum.

#### **METODE PENGERINGAN**

Terdapat beberapa cara untuk yang dipakai secara luas untuk mengeringkan kertas arsip/dokumen yang terkena air/banjir. Metode ini masing-masing mempunyai kelebihan dan kelemahan tersendiri. Pemilihan metode pengeringan dipengaruhi oleh faktor-faktor penyebab kerusakan, tingkat kerusakan, jumlah yang terlibat, kelangkaan, ketersediaan petugas, ketersediaan anggaran, ketersediaan kelengkapan pengeringan serta saran dari pemelihara atau konservator yang ahli. Metode pengeringan terbaik dan sukses akan terbukti lebih murah untuk mengeringkan koleksi asli dibandingkan menggantinya, itupun jika koleksi dapat digantikan.

Metode pengeringan apapun yang dipilih untuk merawat dokumen atau arsip, tidak akan mampu mengembalikan material secara utuh seperti sebelum terkena air atau banjir. Kondisi kertas tidak akan berada dalam keadaan yang lebih baik dari ketika pengeringan dimulai. Jika waktu merupakan salah satu faktor penting, maka sebelum metode pengeringan

dimulai maka arsip atau dokumen harus dibekukan terlebih dahulu untuk mengurangi kerusakan fisik dan kontaminasi biologis.

#### **PENGERINGAN ANGIN (*AIR DRYING*)**

Pengeringan angin adalah metode tertua dan paling umum untuk mengeringkan kertas atau buku yang basah. Metode ini dapat digunakan untuk berbagai jenis kertas yang basah, tetapi paling sesuai digunakan untuk buku yang hanya sedikit mengalami kebasahan atau penyerapan air pada kertas tidak terlalu tinggi dan dengan jumlah volume yang tidak banyak. Metode pengeringan ini merupakan metode yang murah karena tidak membutuhkan perlengkapan dan peralatan khusus. Namun metode ini membutuhkan ketelatenan dan keahlian pekerja, membutuhkan ruang yang besar, serta dapat memberikan hasil lembaran kertas yang melengkung dan *textblock* yang benar-benar buruk.

#### **PENGERINGAN BEKU HAMPA (*VACUUM FREEZE DRYING*)**

Proses ini membutuhkan perlengkapan dan peralatan yang khusus, dan paling cocok digunakan untuk sejumlah besar dokumen atau rekaman yang sangat

basah bahkan juga untuk kertas *coating*. Dokumen atau kertas ditempatkan pada ruang vakum yang beku. Dihampakan, kemudian sumber panas dimasukkan, dan koleksi, dikeringkan pada suhu sekitar 32°F dalam keadaan tetap beku. Proses fisika yang terjadi dikenal sebagai sublimasi, yaitu kristal es menguap tanpa meleleh. Hal ini dimaksudkan agar tidak terjadi pelengkungan maupun penyusutan selama proses pengeringan.

Kertas *coating* bisa dikeringkan dengan metode *vacuum freeze drying*. Material langka atau unik dapat berhasil dikeringkan dengan cara ini, tetapi kulit dan *vellums* mungkin tidak akan selamat. Foto tidak boleh dikeringkan *vacum freeze* kecuali tidak ada cara lain yang mungkin. Meskipun metode ini jelas terlihat lebih mahal tergantung peralatan yang dibutuhkan, hasilnya sering kali lebih memuaskan karena lumpur, kotoran dan kerak terangkat dari permukaan, membuat pembersihan lebih menghemat waktu. Jika volume arsip yang dikeringkan sedikit, maka metode ini benar-benar mahal.

Terdapat tiga tahapan penting dalam proses pengeringan beku: pembekuan (*freezing*), pengeringan primer, dan

pengeringan sekunder.

#### PEMBEKUAN

Proses pembekuan ini pada dasarnya merupakan pembekuan bahan. Pada laboratorium, umumnya dilakukan dengan menempatkan bahan dalam labu *freeze-drying* dan memutarinya dalam penangas yang disebut *shell-freezer*, yang kemudian dibekukan dengan pendinginan mekanik, es-kering dan metanol atau nitrogen cair. Pada skala yang besar, pembekuan biasanya dilakukan dengan menggunakan mesin *freeze-drying*. Dalam tahapan ini sangatlah penting untuk membekukan material pada suhu di bawah titik eutentiknya karena pada titik ini fase padat dan cair dari material dapat menjadi koeksis. Membekukan material pada suhu dibawah titik ini dapat lebih memastikan terjadinya proses sublimasi dari pada pencairan pada tahapan selanjutnya.

#### PENGERINGAN PRIMER

Selama fase pengeringan primer tekanan diturunkan dan panas yang cukup dialirkan pada bahan sehingga air dalam bahan dapat tersublimasi. Pada fase ini 98% air dalam bahan tersublimasikan. Fase ini terjadi dengan

lambat karena jika panas yang dialirkan berlebih dapat merusak struktur bahan.

#### PENGERINGAN SEKUNDER

Pengeringan sekunder berfungsi untuk menyublimasikan molekul air yang diserap pada saat proses pembekuan. Bagian *freeze-drying* ini bekerja berdasarkan adsorpsi isothermal bahan. Pada fase ini, suhu dinaikkan lebih tinggi dari suhu pada pengeringan primer untuk memutuskan interaksi psikokimia yang terbentuk antara molekul air dan bahan beku. Biasanya tekanan pun diturunkan pada fase ini untuk meningkatkan proses sublimasi.

Setelah proses pengeringan beku selesai, kondisi vakum biasanya dilepaskan dengan gas inert seperti nitrogen sebelum bahan di-*seal*. Jika bahan yang dikeringbekukan di-*seal* untuk menjaga terjadinya reabsorpsi kelembaban, maka bahan ini dapat disimpan pada suhu ruang tanpa pendingin dan dapat tetap terlindungi dari *spoilage* untuk beberapa tahun.

Pengeringan beku juga menyebabkan lebih sedikit kerusakan jika dibandingkan dengan metode lain yang menggunakan temperatur tinggi. Pengeringan beku biasanya tidak

mengakibatkan pengerutan/*shrinkage* atau *toughening*/pengerasan pada bahan yang dikeringkan. Aroma dan rasa pun biasanya tidak berubah, dan hal inilah yang membuat proses ini banyak digunakan dalam pengawetan makanan. Sayangnya, bukan air saja yang dapat tersublimasi oleh proses ini, kehilangan senyawa yang mudah menguap lainnya seperti asam asetat dan alkohol menjadi hasil yang tidak dapat dihindari.

## **KELEBIHAN METODE VACUUM FREEZE**

### **MENCEGAH SERANGAN JAMUR**

Tanpa kondisi yang diperlukan untuk reproduksi dan pertumbuhan spora, infeksi kapang terhenti selama masa pembekuan. Memang, spora kapang tidak dihancurkan oleh pembekuan; mereka berada dalam keadaan tidur sampai tersedia lingkungan yang dibutuhkan. Tetapi setidaknya infeksi telah dipastikan dan kerusakan tidak berkelanjutan.

### **STABILISASI TINTA DAN PEWARNA**

Pembekuan memiliki kelebihan lain dalam menstabilkan tinta, pigmen, bahan-pewarna, pewarna dan

sebagainya yang dipakai untuk manuskrip, peta, sketsa, gambar dan sejenisnya, yang mudah larut dalam air. Kemudian ketika terjadi pengeringan beku, penyebaran atau mengalirnya tinta atau pewarna dapat dicegah bila tahap pencairan dilewatkan.

Masalah melekatnya lembaran kertas satu sama lain awalnya ditemukan pada buku dan terbitan berjangka pada sediaan yang menggunakan pigmen berlapis dengan media kasein atau *starch*, dua zat yang sangat larut dalam air. Jika material basah sediaan yang bertumpuk dikeringkan maka akan mengubah buku menjadi seperti bata tanah liat. Perbaikan menjadi mustahil. Pada saat itu metode penyelamatan yang praktis, terutama ketika melibatkan sejumlah besar material yang dirusak oleh air, adalah membekukan ketika basah lalu mengeringkan dalam keadaan beku

## **PARAMETER PENGUJIAN**

### **KETAHANAN LIPAT (*FOLDING ENDURANCE*)**

Kekuatan lipat/*folding indurance* adalah kemampuan kertas untuk menahan beberapa kali lipatan sebelum

terputus. Hal ini didefinisikan sebagai bilangan lipatan ganda pada strip contoh dengan ukuran lebar 15 mm dan panjang 100 mm dapat bertahan di bawah beban tertentu sebelum putus. Parameter ini sangat penting bagi kertas yang akan dipergunakan atau dikenakan berbagi lipatan seperti kertas buku, peta atau pamphlet. Uji lipat ini juga sangat penting untuk karton, karton boks, kertas cover dan lain-lain. Kekuatan lipat sangat diperlukan untuk kertas bond, ledger, peta, cetak biru dan kertas permanen.

Metode MIT digambarkan sebagai metode yang paling mendekati penggambaran keadaan berulang proses buka tutup pada buku. Metode ini dapat juga dilakukan untuk menentukan proses deteriorasi yang terjadi pada kertas dengan *aging*/pemeraman. Kekuatan lipat kertas dapat dianggap sebagai modifikasi pengujian kekuatan tarik karena pada uji ini, contoh kertas diberi tekanan sehingga akhirnya rusak. Akan tetapi, hasil tes ini sangat dipengaruhi oleh kemampuan fleksibilitas kertas dibandingkan dengan kekuatan tariknya.

Pulp rag akan menghasilkan kertas dengan kekuatan lipat yang tinggi,

dibandingkan dengan kertas dari bahan kayu atau kertas yang banyak mengandung bahan pengisi. Pada tahap awal *beating*, kekuatan lipat dan tarik pulp biasanya meningkat. Akan tetapi ketika perlakuan *beating* berlanjut, kekuatan lipat menurun karena peningkatan ikatan intra serat yang juga meningkatkan kekerutan kertas.

Kekuatan lipat kertas dapat diukur pada arah mesin dan silang mesin (*machine and cross-machine*), pada tes ini arah mesin mengacu pada garis lipatan yang tegak lurus dengan arah mesin kertas. Biasanya kekuatan lipat pada arah mesin lebih besar dari pada silang mesin, yang juga menunjukkan kekuatan tarik yang juga lebih besar pada arah mesin.

Salah satu karakteristik dari kekuatan lipat adalah hasil pengujian dari satu jenis contoh dapat bervariasi. Hal ini berasal dari lokasi kecil contoh tersebut dilipat. Sobekan contoh akibat lipatan dipaksakan pada titik ini dari pada pada titik terlemah dari contoh tersebut.

#### **KEKUATAN SOBEK (*TEARING RESISTANCE*)**

Ketahanan sobek adalah daya tahan kertas atau tenaga yang dibutuhkan

untuk menyobek kertas (Pusgrafin, 2001). Kekuatan sobek kertas menunjukkan sifat kertas pada saat penggunaan akhirnya (*end user*), seperti kekuatannya pada saat ditarik di ban berjalan, mengontrol kekuatan koran pada saat dicetak, dan karakteristik kekakuan kertas kemasan yang kekuatan menahan bebannya sangat diperlukan. Panjang serat dan ikatan antarserat merupakan faktor penting dalam kekuatan sobek. Panjang serat umumnya meningkatkan kekuatan sobeknya.

Kekuatan sobek kertas biasanya menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan kelembaban dalam *range* 15 s.d. 85 %. Untuk setiap persen peningkatan kelembapan relatif kurang lebih terdapat peningkatan kekuatan sobeknya sebanyak 1%. Peningkatan keregangan dan karakter viskoelastik disebabkan oleh peningkatan kadar air yang membantu delokalisasi dan distribusi stress pada titik sobek. Pada kelembapan yang tinggi (di atas 85%) atau ketika kertas dibasahkan, kekuatan sobeknya juga akan menurun karena adanya gangguan pada ikatan antarserat pada kertas yang disebabkan oleh air.

Kehilangan kekuatan sobek kertas pada saat basah tidak sebesar kehilangan kekuatan tariknya pada kondisi yang sama. Kekuatan lipat merupakan karakteristik kekuatan kertas yang sangat dipengaruhi oleh kelembaban. Kekuatan lipat cenderung menunjukkan peningkatan 1 - 5% untuk setiap peningkatan 1% RH dalam *range* 15 - 85%.

## **METODOLOGI PENGUJIAN**

Pengambilan dan perlakuan terhadap contoh dilakukan di ruang *vacuum freeze drying*, ruang restorasi dan ruang laboratorium Arsip Nasional RI.

### **PERSIAPAN CONTOH**

Contoh Pengujian kualitas arsip kertas hasil perbaikan dengan metode vakum *freeze drying* dilakukan terhadap contoh blanko kertas yang biasa digunakan sebagai media arsip, yaitu kertas conqueror, kertas HVS. Sedangkan kertas arsipnya sendiri tidak dilakukan pengujian mengingat pengujian bersifat merusak fisik arsip.

### **PERLAKUAN CONTOH**

Setiap contoh diberi perlakuan awal perendaman dalam air suling selama 2 hari (2 x 24 jam). Setelah perlakuan

perendaman tersebut setiap contoh diberi 2 perlakuan pengeringan yang berbeda yaitu dengan metode *vacuum freeze* (prosedur penanganan sama dengan prosedur penanganan arsip BPN yang terkena tsunami) dan metode kering angin. Metode *vacuum freeze drying* menggunakan peralatan *vacuum freeze dried chamber* yang dipinjamkan oleh pemerintah Jepang. Metode kering angin menggunakan peralatan kipas angin untuk membantu proses pengeringan.

#### PENGUJIAN PADA CONTOH KERTAS

Setiap set contoh yang berbeda perlakuannya diuji dengan parameter kekuatan lipat kertas dengan metode MIT, ketahanan sobek (metode Elmendorf), daya serap (COBB test).

#### HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian perbandingan metode pengeringan terhadap contoh ditunjukkan pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kualitas Fisik Kertas Conqueror 100 g

| No | Parameter uji                | Blanko      | Metode Kering Angin | Metode Vacuum Freeze |
|----|------------------------------|-------------|---------------------|----------------------|
| 1  | Gramatur (g/m <sup>2</sup> ) | 100         | 96.2                | 95.7                 |
| 2  | Ketahanan sobek              |             |                     |                      |
|    | MD (mN/gf)                   | 935 ± 19.6  | 790 ± 54.1          | 535 ± 25.7           |
|    | CD (mN/gf)                   | 985 ± 19.6  | 800 ± 44.2          | 635 ± 10.2           |
| 3  | Ketahanan Lipat              |             |                     |                      |
|    | MD                           | 36.6 ± 3.9  | 11.6 ± 1.0          | 6.1 ± 1.2            |
|    | CD                           | 49.3 ± 10.5 | 12.5 ± 0.9          | 3.6 ± 1.0            |
| 4  | Daya serap air               |             |                     |                      |
|    | Felt (g/m <sup>2</sup> )     | 22.6 ± 5.21 | 102.2 ± 22.50       | 110.1 ± 47.85        |
|    | Wire (g/m <sup>2</sup> )     | 25.0 ± 6.74 | 96.1 ± 24.72        | 119.0 ± 36.35        |
| 5  | Serapan Air (%)              |             |                     |                      |
|    | Felt (%)                     | 15          | 67                  | 76                   |
|    | Wire (%)                     | 16          | 64                  | 81                   |

Tabel 2. Hasil Pengujian Kualitas Fisik Kertas HVS 80 g

| No | Parameter uji                      | Blanko           | Metode Kering Angin | Metode Vacuum Freeze |
|----|------------------------------------|------------------|---------------------|----------------------|
| 1  | Gramatur ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) | 81               | 82.1                | 82.9                 |
| 2  | Ketahanan sobek                    |                  |                     |                      |
|    | MD ( $\text{mN}/\text{gf}$ )       | $457.5 \pm 15.3$ | $497.5 \pm 12.9$    | $510 \pm 11.8$       |
|    | CD ( $\text{mN}/\text{gf}$ )       | $527.5 \pm 9.8$  | $617.5 \pm 24.1$    | $740 \pm 22.1$       |
| 3  | Ketahanan Lipat                    |                  |                     |                      |
|    | MD                                 | $31.6 \pm 3.7$   | $8.6 \pm 1.0$       | $5.4 \pm 0.8$        |
|    | CD                                 | $64.9 \pm 12$    | $35.2 \pm 2.9$      | $22.6 \pm 3.6$       |
| 4  | Daya serap air                     |                  |                     |                      |
|    | Felt ( $\text{g}/\text{m}^2$ )     | 44.2             | 45.1                | 67.9                 |
|    | Wire ( $\text{g}/\text{m}^2$ )     | 64.5             | 59.5                | 75.8                 |
| 5  | Serapan Air (%)                    |                  |                     |                      |
|    | Felt (%)                           | 35               | 36                  | 52                   |
|    | Wire (%)                           | 50               | 47                  | 58                   |

Berdasarkan hasil pengujian terhadap kedua contoh kertas yang diberi perlakuan pengeringan dengan metode kering angin dan *vacuum freeze drying* menunjukkan bahwa kualitas fisik kertas yaitu nilai ketahanan sobek dan kekuatan lipatnya umumnya menurun setelah mendapat perlakuan perendaman. Hanya parameter ketahanan sobek pada kertas HVS yang menunjukkan kenaikan. Hal ini disebabkan karena sifat fisik kertas tergantung dari sifat-sifat serat yang

membentuk lembaran, struktur serat tersebut satu sama lain dan bagaimana satu serat bergabung dengan serat lainnya. Perubahan kadar air kertas akan mempengaruhi perubahan dimensi kertas dan perubahan permukaan kertas. Bila kadar air tidak merata diakibatkan susunan serat yang tidak merata akan menyebabkan kecepatan pengeringan yang tidak merata dan menimbulkan tegangan setempat yang kelihatan sebagai lekuk-lekuk bergelombang pada kertas.

Sementara itu nilai daya serap kertasnya dan volume air yang diserap kertas semakin besar, walaupun contoh kertas tersebut telah mendapat perlakuan pengeringan.

Selulosa sebagai bahan utama penyusun kertas bersifat higroskopis, oleh karenanya sangat sulit mendapatkan selulosa yang benar-benar kering. Hal ini terlihat pada pengeringan pulp, hampir tidak mungkin diperoleh pulp yang kering 100 %, karena untuk menghilangkan sisa kadar air yang dikandung selulosa akan diiringi oleh pengrusakan sebagian struktur molekul tersebut.

Gramatur kertas juga menurun setelah terkena air atau basah. Hal ini disebabkan pada saat kertas terkena air/basah maka sebagian zat atau komposisi pengisi yang dikandung kertas yang memperbaiki kualitas fisik kertas ikut terlarut bersama air perendam sehingga mengakibatkan kualitas fisik kertas semakin menurun.

Metode pengeringan apapun yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas kertas ternyata tidak dapat mengembalikan kualitas kertas seperti semula sebelum terkena dampak air/banjir (sebelum kertas dibasahi).

Metode pengeringan yang dilakukan hanya dapat menjaga kondisi kertas dari bertambah rusak tanpa bisa mengembalikan kualitas dan kondisi fisik yang dimiliki kertas sesaat sebelum terkena air.

Pemilihan metode pengeringan yang dilakukan cukup berpengaruh terhadap penurunan kualitas fisik kertas. Kualitas kertas yang dikeringkan dengan metode pengeringan beku hampa (*vakuum freeze*) yang melibatkan proses pembekuan umumnya lebih rendah dari metode pengeringan dengan kering angin. Hal ini dapat terlihat dari kekuatan sobek dan ketahanan lipat pada metode beku hampa yang lebih rendah dari metode kering angin. Bahkan pada arah MD, setelah pengeringan *vacuum freeze* kertas menjadi tidak tahan lipat dengan beban 1 kg.

Daya serap kertas dan persentase serapan air yang dimiliki oleh kertas juga semakin besar jika kertas dikeringkan dengan metode *vacuum freeze*. Persentase serapan air yang dimiliki oleh kertas yang dikeringkan dengan vakum freeze bisa mencapai 76 s.d. 81%, sedangkan pada kertas yang dikeringkan dengan pengeringan angin

biasa bisa mencapai 64 - 67%. Hal ini mungkin karena pada pengeringan *vacuum freeze* melibatkan proses pembekuan dimana pada fase ini jika suhu pembekuan masih lebih besar dari titik eutentiknya sehingga kristal es yang dihasilkan lebih besar. Kristal es yang besar dan tajam tersebut dapat merusak komposisi serat yang dimiliki oleh kertas, serta meninggalkan ruang kosong di antara serat ketika kristal es ini disublimasikan. Ruang kosong dan rusaknya komposisi serat membuat ruang yang dapat diisi kembali oleh air menjadi lebih besar. Hal ini juga dapat mengakibatkan menurunnya kekuatan fisik kertas setelah proses pengeringan.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

### **KESIMPULAN**

1. Metode pengeringan dengan metode kering angin dan *vacuum freeze drying* yang dilakukan untuk memperbaiki kualitas kertas tidak dapat mengembalikan kualitas kertas seperti semula sebelum terkena dampak air/banjir (sebelum kertas dibasahi).
2. Kualitas fisik kertas yaitu nilai ketahanan sobek dan kekuatan

lipatnya umumnya menurun setelah mendapat perlakuan perendaman. Sedangkan nilai daya serap kertasnya dan volume air yang diserap kertas semakin besar

3. Nilai ketahanan sobek dan kekuatan lipat kertas yang dikeringkan dengan metode pengeringan beku hampa (*vacuum freeze*) umumnya lebih rendah dari metode pengeringan dengan kering angin.
4. Daya serap kertas dan persentase serapan air yang dimiliki oleh kertas juga semakin besar jika kertas dikeringkan dengan metode *vacuum freeze*. Persentase serapan air yang dimiliki oleh kertas yang dikeringkan dengan *vacuum freeze* adalah 76 - 81%, sedangkan pada kertas yang dikeringkan dengan pengeringan angin biasa sebesar 64 - 67%.

### **SARAN**

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan menggunakan berbagai jenis kertas lainnya.
2. Dalam pemilihan metode pengeringan perlu juga

dipertimbangkan masalah biaya dan banyaknya volume dokumen/arsip yang harus dikeringkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Kaplan, Hilary A; Kathleen A. Ludwig Clapp; and Anne F. (1987). *Curatorial Care of Works of Art on Paper*. New York: The Lyons Press.
2. Ogden, Sherelyn, 1994. *Preservation of Library & Archival Materials : A Manual*. American Association of Museum (AAM) Washington, America.
3. JAIC 1987, Volume 26, Number 1, Article 1 (pp. 1 to 17)
4. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
5. <http://www.archives.gov/preservation/conservation/drying-methods-08.html>
6. [http://www.biodiversityinternational.org/publications/Web\\_version/243/ch07.htm](http://www.biodiversityinternational.org/publications/Web_version/243/ch07.htm)