

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

Peralatan *Quality Control System* (QCS) dan sensor-sensor yang terpasang di sepanjang aliran produksi pada industri kertas menghasilkan ribuan data setiap jamnya. Data ini tersimpan dalam sebuah database yang setiap saat bisa diambil untuk dianalisis. Pada bagian ini dijelaskan semua variabel data yang dihasilkan oleh peralatan QCS dan sensor-sensornya, cara pengumpulan data dan profil masing-masing variabel baik variabel proses maupun properti kertas. Sebelumnya akan dijelaskan proses pembuatan kertas.

3.1 Proses Pembuatan Kertas

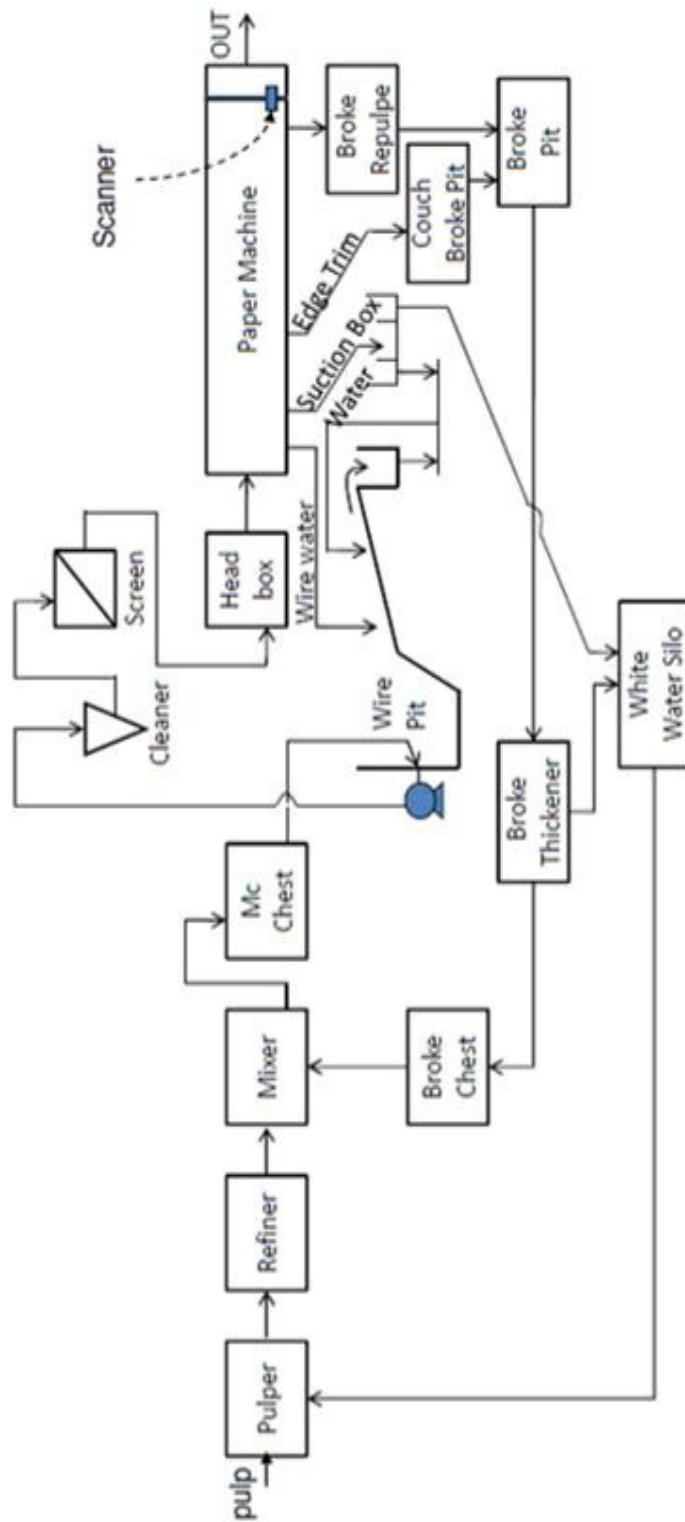
Bahan baku utama pembuatan kertas berasal dari kayu yang sudah diolah menjadi lembaran *pulp*. Karakteristik pulp bervariasi tergantung pada jenis kayu yang digunakan, ada yang berserat pendek dan ada yang berserat panjang.

Proses pembuatan kertas dimulai dari bagian persiapan bahan (*stock preparation*) kemudian dilanjutkan ke bagian mesin kertas (*Paper Machine*). Aliran proses pembuatan kertas selengkapnya dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.1.1 Bagian *Stock Preparation*

Pada bagian ini bahan baku utama yaitu lembaran *pulp* dibubur di dalam tangki *pulper* menggunakan air proses dengan mesin *agitator* sebagai pengaduknya. Proses pembuburan ini berfungsi untuk memisahkan serat-serat kayu di dalam lembaran *pulp*.

Bubur *pulp* kemudian dipompa ke mesin penggiling (*refiner*) yang berfungsi untuk memecah serat-serat kayu sehingga menghasilkan benang-benang *fibril*. Derajat penggilingan menentukan tingkat kehalusan bahan. Masing-masing *grade* kertas mempunyai standar derajat penggilingan tertentu yang dinyatakan dalam satuan CSF (*Canadian Standard Freeness*).



Gambar 3.1 Bagan Proses Pembuatan Kertas
(sumber: Paulapuro & Ryti, 1991, p.90)

Dari *Refiner* bubur *pulp* selanjutnya dipompa ke tangki *mixer*. Dalam tangki ini bercampur bubur *pulp* serat pendek dengan bubur *pulp* serat panjang dan *broke* (lembaran kertas yang diolah kembali). Beberapa bahan kimia yang berfungsi sebagai pengisi, pengikat dan penguat ditambahkan ke dalam adonan ini. Sebagian perusahaan menggunakan bahan pewarna (*dyes*) untuk menghasilkan kertas warna.

Adonan bahan kertas selanjutnya dipompa ke *screen* untuk memisahkan kotoran atau gumpalan *pulp* yang belum hancur. *Screen* ini mempunyai slot dengan ukuran sekitar 0.1 mm sehingga hanya bahan yang benar-benar halus yang bisa lewat ke proses berikutnya.

3.1.2 Bagian *Paper Machine*

Setelah melewati *screen*, adonan bahan kertas selanjutnya dialirkan ke *headbox* dengan pompa yang bisa diatur kecepatannya. Tekanan di dalam *headbox* dikendalikan sedemikian rupa sehingga bahan kertas yang masih basah ($\pm 99\%$ air) dapat didistribusikan secara merata di atas *wire* melalui *nozzle* presisi tinggi atau *slice lip*. Variasi tekanan *headbox* menyebabkan variasi pada kualitas kertas pada arah mesin (*Machine Direction, MD*). Variasi pada arah melintang (*Cross Direction, CD*) dapat dikendalikan dengan mengatur pancaran bahan dari masing-masing *slice lip*.

Pancaran bahan yang keluar dari *slice headbox* didistribusikan secara merata di atas *wire*. Perbandingan kecepatan bahan terhadap kecepatan *wire* harus dijaga stabil karena variasi pada parameter ini akan menyebabkan variasi pada properti kertas yang dihasilkan. Variasi yang tinggi bahkan dapat mengganggu *runnabilitas* mesin.

Sebagian besar air yang dikandung dalam bahan diambil pada bagian *wire* melalui *hidrofoil* dan *suction box* yang diletakkan di bawah *wire*. Selain air yang diambil oleh *suction box*, ada beberapa serat halus dan bahan pengisi (*filler*) yang ikut terbawa. Banyaknya *filler* yang ikut terbawa oleh *suction box* juga harus dijaga stabil agar kualitas kertas yang dihasilkan juga stabil.

Setelah melalui *wire*, bahan kertas yang sudah membentuk lembaran dilewatkan di antara roll-roll yang saling bersinggungan dan bertekanan (*Press Roll*) untuk menekan air keluar dari lembaran kertas. Proses ini juga meningkatkan jalinan antar serat menjadi lebih kompak sehingga meningkatkan kekuatan kertas.

Bagian selanjutnya adalah bagian pengering (*dryer*) yang berupa silender-silender besar yang dialiri *steam* panas. Proses pengeringan dilakukan secara bertahap dan dilakukan secara merata antara permukaan atas dan bawah kertas. Oleh karena itu, tekanan *steam* yang masuk ke dalam *dryer* dikendalikan secara *online*.

Bagian terakhir dari mesin kertas adalah *calender* dan *reel*. *Calender* berfungsi untuk memperbaiki *thickness* dan kelicinan permukaan kertas. *Reel* berfungsi untuk menggulung kertas yang sudah selesai diproduksi. Di antara *calendar* dan *reel* ini dipasang *scanner* yang terdiri dari beberapa sensor untuk mengukur properti kertas.

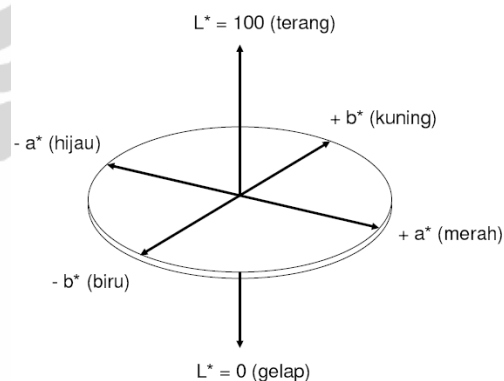
3.2 Properti Kertas

Properti kertas yang diukur dan dimonitor oleh peralatan QCS adalah *basis weight*, *moisture*, *ash*, *caliper* dan *color*. Penjelasan dari masing-masing properti adalah sebagai berikut:

- *Basis Weight* merupakan properti yang paling signifikan baik bagi produsen maupun konsumen karena pada umumnya harga kertas ditentukan berdasarkan berat per unit area. Properti ini juga penting karena mempunyai efek pada properti lainnya seperti kekuatan kertas (*strength*).
- *Moisture* adalah kandungan air di dalam lembaran kertas, bergantung pada suhu dan kelembaban udara relatif di sekitar kertas. Dalam tempat terbuka lembaran kertas akan menyerap (*absorb*) atau diserap (*desorb*) *moisture*-nya sehingga mencapai titik kesetimbangan (*equilibrium*).
- *Ash content* atau kadar bahan pengisi dinyatakan dalam unit persen (%). Bahan kimia pengisi ini berupa bahan kapur (*chalk*) atau sejenisnya digunakan untuk mengisi pori-pori kertas. Kadar *ash* biasanya dijaga

antara 10% - 20%. Kadar *ash* yang terlalu tinggi akan mempengaruhi kekuatan kertas.

- *Caliper* atau ketebalan kertas berguna untuk produk akhir seperti pembuatan buku dimana variasi *caliper* menyebabkan tebal buku berbeda antara satu dengan lainnya. Pada umumnya properti ini tidak terlalu signifikan karena perbedaan ketebalan satu lembar kertas dapat ditutupi oleh ketebalan kertas lainnya sehingga produk akhir akan relatif sama.
- *Color* atau warna kertas pada umumnya adalah putih. Untuk memenuhi segmen pasar tertentu beberapa perusahaan memproduksi kertas warna. Kebanyakan sistem warna didasarkan pada pengukuran pantulan (*reflectance*) dari warna dasar: merah, hijau dan biru. Tiap-tiap sumber cahaya ini mempunyai distribusi spektral yang telah didefinisikan secara presisi oleh *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE). Ada tiga sistem warna berdasarkan fungsi CIE salah satunya adalah sistem CIE STARLAB yang mendefinisikan warna berdasarkan *CIE LAB Color Space* seperti tampak pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 *CIE LAB Color Space*

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada saat PM beroperasi normal. Untuk mendapatkan data yang mewakili kondisi normal, maka dilakukan proses penyaringan data sebagai berikut:

- *PM start up.*
Pada saat *PM start up* yaitu pada saat PM mulai beroperasi setelah berhenti beberapa saat karena adanya kegiatan maintenance atau karena pergantian *grade*, variabel proses maupun variabel *output* biasanya belum stabil karena masih dilakukan penyetelan oleh operator. Data diambil setelah PM beroperasi kurang lebih satu jam.
- Kertas putus (*sheet break*).
Sheet break kadang-kadang terjadi pada saat lembaran kertas sedang diproduksi di PM. *Sheet break* dapat terjadi oleh beberapa sebab antara lain karena masalah mekanik, masalah kimia ataupun karena kotoran baik dari sistem maupun dari eksternal. Data pada saat terjadi *sheet break* tidak diambil.
- Pergantian *Grade*
Ada beberapa *grade* yang diproduksi mulai dari *berat* 50 gr/m² sampai 180 gr/m². Demikian pula ada beberapa jenis warna (*shade*) yang diproduksi. Data diambil untuk jenis *grade* dan *shade* yang sama.

3.3.1 Data Pengukuran Variabel Proses

Data pengukuran variabel proses diambil dari pembacaan sensor-sensor yang terpasang di sepanjang aliran proses. Ada 34 data proses yang dimonitor oleh sensor sebagai berikut:

1. STKFL01OUT: posisi bukaan BW valve
2. STKFL01: debit aliran bahan (*stock*) yang keluar dari Mesin Chest.
3. CONSMED: tingkat kekentalan (*consistency*) bahan di Mesin Chest
4. CATFLO: debit aliran bahan kimia pengikat 1
5. PERCFLO: debit aliran bahan kimia pengikat 2
6. STEAMFLO: debit aliran *steam* untuk pengering kertas
7. DRYPR01: tekanan *steam* di dalam *dryer group* 1
8. DRYPR02: tekanan *steam* di dalam *dryer group* 2
9. DRYPR03: tekanan *steam* di dalam *dryer group* 3
10. DRYPR04: tekanan *steam* di dalam *dryer group* 4
11. DRYPR05: tekanan *steam* di dalam *dryer group* 5

12. STEAMTEMP: temperatur *steam*
13. FILFLO: debit aliran bahan kimia pengisi (*filler*)
14. FILFLOOutP: posisi bukaan control valve bahan kimia pengisi
15. HB01Control: perbandingan laju pancaran *headbox* dengan *speed wire*
16. HBXPR01: total *pressure headbox*
17. MSPEED: kecepatan *Paper Machine*
18. HBTOTCON: *total consistency Headbox*
19. HBASHCON: *consistency filler* dalam bahan yang masuk ke *headbox*
20. HB_AshPercent: presentasi kandungan *filler* dalam bahan yang masuk ke *headbox*.
21. WWTOTCON: *total consistency white water*
22. WWASHCON: *consistency filler* yang dikandung dalam *white water*
23. WW_AshPercent: presentasi kandungan *filler* dalam *white water*
24. AKFLO: debit aliran bahan kimia penguat
25. 1STCLSPEED: kecepatan putaran pompa *first cleaner*
26. BROKE_FLOW: debit aliran bahan *broke*
27. LBKP_FLOW: debit aliran bahan pulp serat pendek
28. NBKP_FLOW: debit aliran bahan pulp serat panjang
29. DYEPP01: laju aliran pompa warna no 1
30. DYEPP02: laju aliran pompa warna no 2
31. DYEPP03: laju aliran pompa warna no 3
32. DYEPP04: laju aliran pompa warna no 4
33. DYEPP05: laju aliran pompa warna no 5
34. DYESF01: kecepatan motor pompa warna

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan *data logging XGP300*, kemudian data diubah ke dalam format Excel. Data yang ditarik dari peralatan QCS selama kurang lebih 8 jam menghasilkan matrik data berdimensi 5121 x 34. Gambaran umum data proses tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

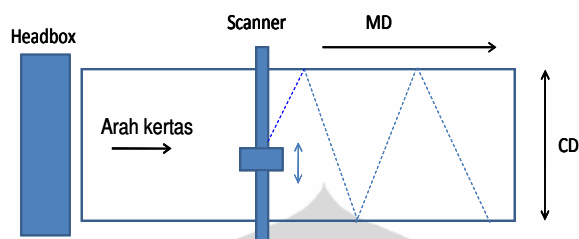
Tabel 3.1 Gambaran Umum Data Proses

Variable	Descriptive Statistics (Original Data)						
	Valid N	Mean	Median	Min	Max	Std.Dev.	SE Mean
STKFL01OUT	5121	51.585	51.646	50.856	52.665	0.3025	0.004227
STKFL01	5121	102.052	102.113	97.262	105.956	1.1988	0.016753
CONSMED	5121	4.050	4.050	4.001	4.086	0.0102	0.000143
CATFLO	5121	4674.828	4671.883	24.903	6403.181	609.0763	8.511269
PERCFLO	5121	346.218	329.069	297.705	572.667	60.3731	0.843657
STEAMFLO	5121	10.127	10.052	8.579	11.793	0.5671	0.007925
DRYPR05	5121	2.927	3.065	2.023	3.239	0.2986	0.004172
DRYPR03	5121	0.760	0.667	0.077	1.271	0.2655	0.003710
DRYPR01	5121	0.160	0.160	0.127	0.188	0.0035	0.000049
DRYPR02	5121	0.400	0.400	0.047	0.505	0.0087	0.000122
DRYPR04	5121	0.476	0.401	0.384	0.760	0.1309	0.001829
STEAMTEMP	5121	162.680	162.683	160.172	164.310	0.7090	0.009907
FILFLO	5121	2.499	2.600	1.772	2.913	0.2857	0.003992
FILFLOOutP	5121	14.297	14.621	11.591	16.698	1.5084	0.021078
HB01Control	5121	1.060	1.060	1.051	1.091	0.0018	0.000025
HBXPR01	5121	2651.157	2638.107	2610.243	2791.313	33.3765	0.466405
MSPEED	5121	437.003	435.852	435.494	442.711	2.5747	0.035979
HBTOTCON	5121	0.494	0.521	0.378	0.583	0.0536	0.000749
HBASHCON	5121	0.173	0.178	0.131	0.215	0.0289	0.000404
HB_AshPercent	5121	34.924	34.800	29.132	41.053	2.8984	0.040502
WWTOTCON	5121	0.082	0.088	0.035	0.117	0.0281	0.000393
WWASHCON	5121	0.061	0.064	0.025	0.088	0.0211	0.000295
WW_AshPercent	5121	73.492	73.551	70.357	75.666	0.8762	0.012244
AKFLO	5121	835.533	857.773	767.841	867.996	37.1262	0.518803
1STCLSPEED	5121	71.594	70.490	70.037	77.825	2.2425	0.031336
BROKE_FLOW	5121	12.865	12.759	7.279	18.647	2.4142	0.033736
LBKP_FLOW	5121	56.727	57.640	46.801	64.135	4.6001	0.064282
NBKP_FLOW	5121	12.288	12.244	9.405	14.917	0.8352	0.011672
DYEPP01	5121	25.253	22.959	21.453	36.012	4.3469	0.060743
DYEPP02	5121	36.573	37.927	7.977	55.271	13.0222	0.181973
DYEPP03	5121	20.064	20.339	17.029	21.430	0.9619	0.013441
DYEPP04	5121	12.134	0.562	0.001	51.804	16.8612	0.235620
DYEPP05	5121	41.205	44.792	0.000	80.009	35.9639	0.502562
DYESF01	5121	88.245	88.247	87.874	88.581	0.1198	0.001675

3.3.2 Data Pengukuran Properti Kertas

Ada tujuh variabel properti kertas yang dimonitor dan dikontrol oleh peralatan QCS yaitu: *DW01_control* (Basis Weight), *MT01_Control* (Moisture), *AC01_Control* (Ash), *CA01_Control* (Caliper), *ColorMeas_CU1* (L^*), *ColorMeas_CU2* (a^*), *ColorMeas_CU3* (b^*).

Data yang diperoleh merupakan hasil pembacaan sensor QCS dalam arah MD dan CD seperti tampak pada gambar 3.3 di bawah ini.

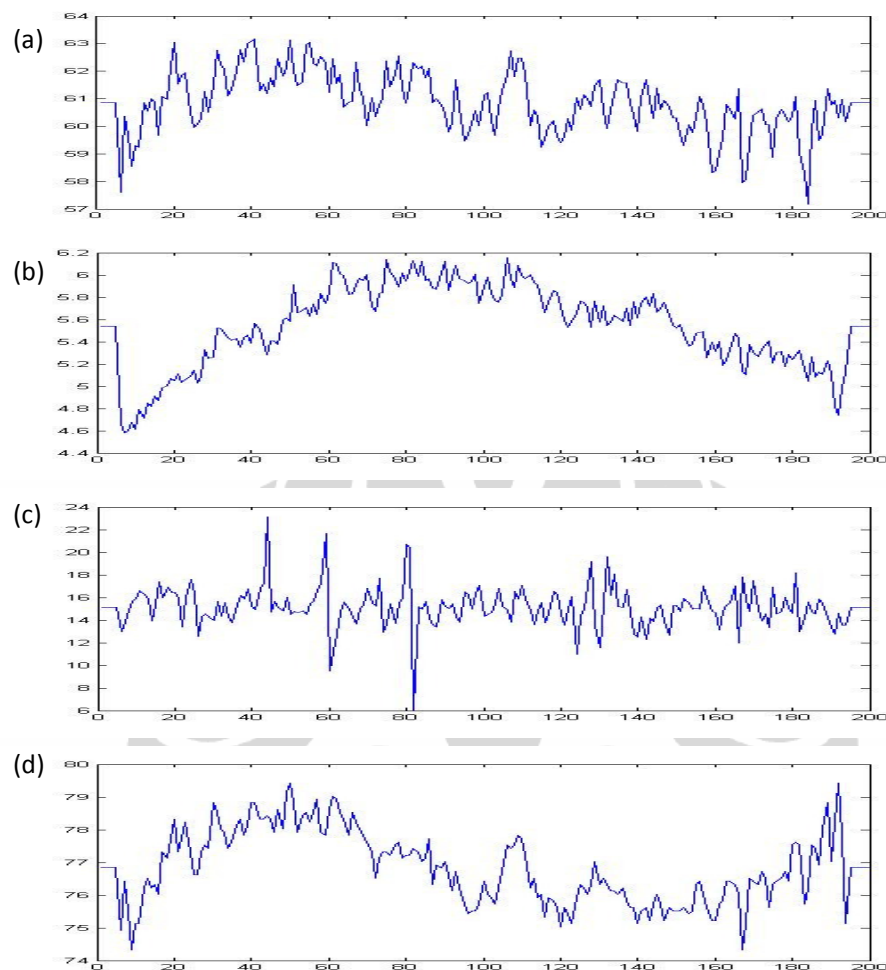


Gambar 3.3 Arah Pergerakan Scanner QCS pada Mesin Kertas

Sensor QCS bergerak dari sisi belakang PM (*drive side*) ke arah depan (*operator side*) memotong arah pergerakan kertas. Satu kali *scan*, sensor akan menghasilkan 200 data pengukuran.

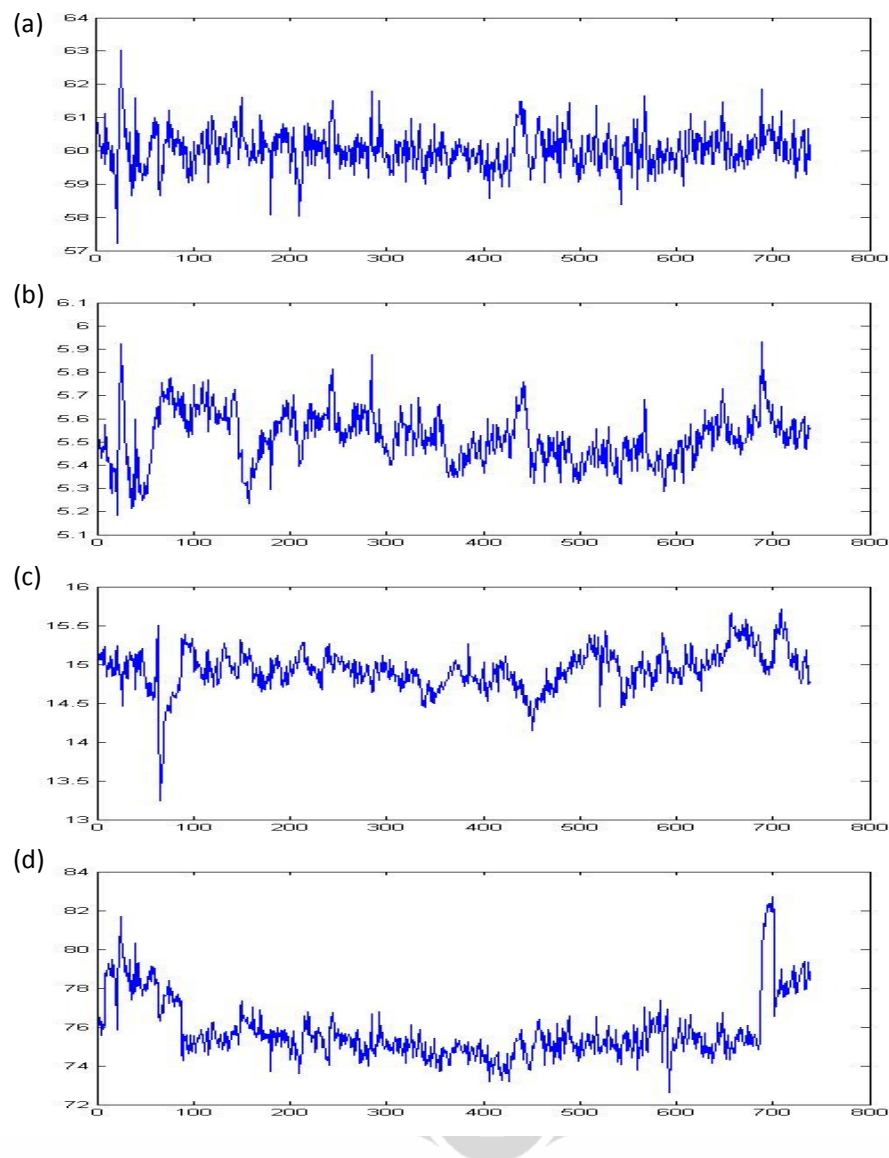
Data pengukuran properti kertas yang ditarik dari peralatan QCS selama kurang lebih 8 jam menghasilkan matrik data berdimensi 738×200 untuk masing-masing variabel 1 sampai 5 dan matrik data berdimensi 1830×3 untuk variabel 5, 6 dan 7.

Data pengukuran arah CD yang dihasilkan oleh sensor QCS dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4. Profil CD Variabel Kualitas
 (a) DW01_Control (b) MT01_Control (c) AC01_Control (d) CA01_Control

Di samping profil CD, peralatan QCS juga menampilkan data pengukuran dalam arah MD yang merupakan nilai rata-rata dari profil CD. Profil MD masing-masing variabel kualitas selama 8 jam pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5. Profil MD Variabel Kualitas
 (a) DW01_Control (b) MT01_Control (c) AC01_Control (d) CA01_Control

Dari gambar di atas tampak adanya variasi pada variabel output baik arah MD maupun arah CD. Dengan menggunakan *ANOVA* maka besarnya variasi CD dan MD dapat dihitung sebagai berikut.

Tabel 3.2 Analisis *Variance* pada Variabel DW01_Control

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	26180.9	199	131.562	84.56	0
Rows	36554	499	73.255	47.08	0
Error	154494.7	99301	1.556		
Total	217229.6	99999			

Hasil tersebut menunjukkan bahwa memang ada variasi yang cukup signifikan pada variabel DW01_Control baik arah MD maupun CD. Tampak bahwa variasi pada arah CD lebih besar dibandingkan dengan arah MD. Hal ini dimungkinkan karena pengendalian online variabel DW01_Control hanya dilakukan pada arah MD. Pengendalian ke arah CD dilakukan secara manual.

Pada variabel MT01_Control juga terjadi variasi yang cukup signifikan baik arah MD maupun CD seperti tampak pada tabel 3.3. Hal ini menunjukkan bahwa pengeringan kertas pada arah CD terjadi tidak merata dimana pada bagian tengah kertas cenderung lebih basah dibandingkan dengan bagian pinggir atau dengan kata lain moisture bagian tengah kertas lebih tinggi dibandingkan pada bagian pinggir seperti tampak pada profil moisture gambar 3.4.(b)

Tabel 3.3 Analisis *Variance* pada Variabel MT01_Control

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	10086.3	199	50.6849	2253.11	0
Rows	1459.8	499	2.9254	130.05	0
Error	2233.8	99301	0.0225		
Total	13779.9	99999			

Dengan cara yang sama diperoleh variasi CD/MD untuk variabel CA01_Control seperti tampak pada tabel 3.4. Ternyata pada variabel ini variasi yang terjadi pada arah MD lebih besar dibandingkan ke arah CD

Tabel 3.4 Analisis *Variance* pada Variabel CA01_Control

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	21051.2	199	105.785	89.58	0
Rows	190124.1	499	381.01	322.63	0
Error	117267.9	99301	1.181		
Total	328443.2	99999			

Variasi CD/MD untuk variabel AC01_Control dapat dilihat pada tabel 3.5 di bawah ini. Variasi pada variabel ini relatif kecil dan relatif sama untuk arah CD dan arah MD.

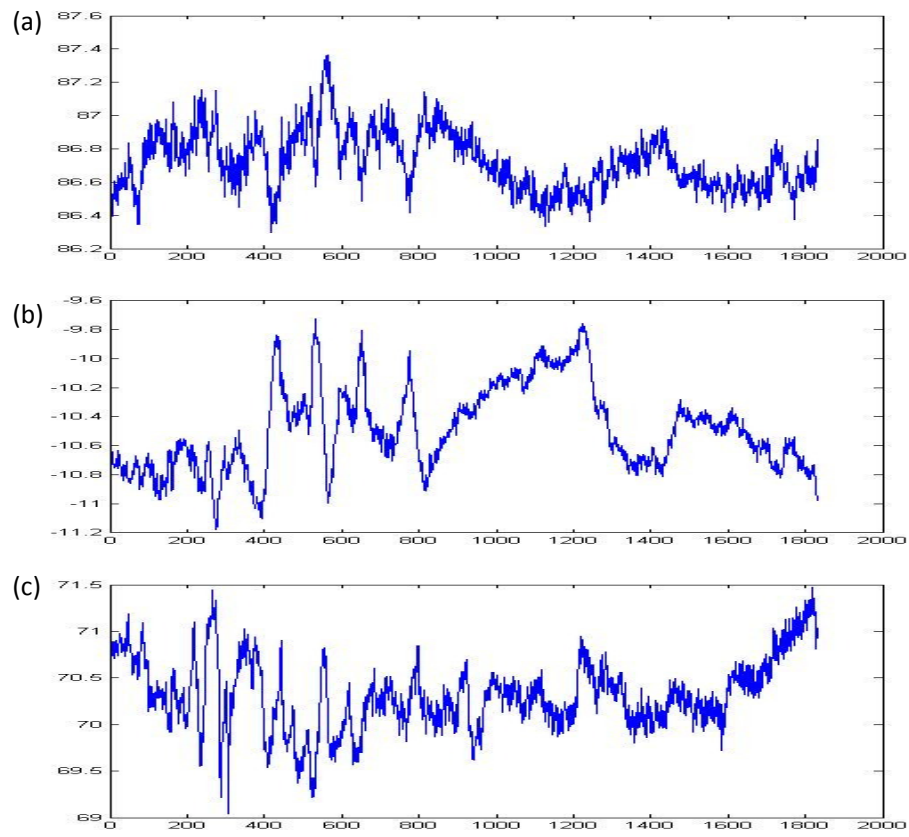
Tabel 3.5 Analisis *Variance* pada Variabel AC01_Control

Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	3066.8	199	15.4111	5.96	0
Rows	6096.3	499	12.217	4.72	0
Error	256868.1	99301	2.5868		
Total	266031.2	99999			

Variabel output lainnya adalah ColorMeas_CU1, ColorMeas_CU2 dan ColorMeas_CU3. Ketiga variabel tersebut menunjukkan properti optik kertas yaitu nilai L^* , a^* , b^* berdasarkan sistem *CIE STARLAB*.

“ L^* ” adalah tingkat kecerahan (*lightness*), nilainya bervariasi dari 0 sampai 100. “ a^* ” positif menunjukkan tingkat kemerahan (*redness*), negatif menunjukkan angka kehijauan (*greenness*). “ b^* ” positif menunjukkan tingkat kekuningan (*yellowness*), negatif menunjukkan tingkat kebiruan (*blueness*) (Thorp & Kocurek, 1991, p19)

Berbeda dengan 4 sensor QCS sebelumnya, sensor warna memerlukan waktu *sampling* yang lebih lama sehingga jumlah set data yang diperoleh lebih sedikit. Dalam kurun waktu sekitar 8 jam didapatkan matrix data berdimensi (1830 x 3). Profil warna L^* , a^* , b^* selama pengamatan dapat dilihat pada gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3.6. Profil MD Variabel Warna
 (a) ColorMeas_CU1 (b) ColorMeas_CU2 (c) ColorMeas_CU3

Dari uraian di atas terlihat bahwa terjadi variasi yang signifikan pada variabel kualitas baik pada arah CD maupun arah MD. Variasi yang terjadi pada variabel kualitas ada kemungkinan disebabkan oleh variasi pada variabel proses dimana variabel proses mengalami kondisi di luar kendali (*out-of-control*).

Pada bab berikutnya akan dibahas aplikasi Data Mining untuk mendeteksi kondisi *out-of-control* pada proses. Ada tiga metode yang digunakan yaitu: *Frequency Analysis*, *Principal Component Analysis* dan *Neural Network*.