

ANALISA STATISTIK MELT INDEX DAN DENSITY PADA PRODUK UF – 1810 SERIES DENGAN METODE STATISTICAL PROCESS CONTROL PADA LLDPE PLANT PT. CHANDRA ASRI PETROCHEMICAL

Faisal Adi Nugroho *)

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof Soedarto, SH Tembalang Semarang 50239
Telp (024) 7460052

Abstrak

Industri petrokimia merupakan salah satu jenis usaha yang memiliki kebutuhan tinggi, terlebih lagi pada industri pengolahan barang kebutuhan rumah tangga dengan bahan dasar plastik. Kebutuhan bahan jenis plastik dapat dipenuhi melalui pengolahan bijih plastik dengan jenis LLDPE (Linear Low Density Polyethylene). PT. Chandra Asri Petrochemical sebagai perusahaan petrokimia terbesar di Indonesia merupakan pemasok utama kebutuhan LLDPE, namun demikian PT. Chandra Asri Petrochemical mengalami kendala berupa seringnya off-grade produk setidaknya satu kali dalam dua minggu. Oleh sebab itu dalam penelitian ini akan difokuskan untuk mengetahui penyebab terjadinya ketidaksesuaian yang terjadi pada produk LLDPE dengan menggunakan peta kendali \bar{x} -bar dan Hotelling's T^2 Control Charts. Penggunaan alat bantu tersebut bertujuan untuk mengetahui kapabilitas proses (Cpk) dari Melt Index dan Density sebagai karakteristik pengukur kualitas produk LLDPE. Hasil dari penelitian menunjukkan nilai Cpk pada Melt Index sebesar 0.96 dengan sigma sebesar 2.26 dan nilai Cpk pada Density sebesar 1.56 dengan sigma sebesar 2.27 menunjukkan bahwa kapabilitas proses dalam produksi LLDPE masih belum cukup baik. Rentang pergantian grade produk yang dipersingkat akan mengurangi kemungkinan terjadinya defect (off-grade).

Kata Kunci : *Off-grade, Defect, Melt Index, Density, \bar{x} – bar charts, Hotelling's T^2 Control Charts*

Abstract

The Petrochemical industry is one of the company that have a high needs, especially in consumer goods industry with the plastic raw material. The plastics needs could be completed by plastic ore processing with the LLDPE (Linear Low Density Polyethylene). PT. Chandra Asri Petrochemical as the biggest petrochemical company in Indonesia having obstacle with the off-grade product occurred at least once in two weeks. This research focused on knowing the agent of the discrepancy in LLDPE product using the \bar{x} -bar charts and Hotelling's T^2 Control Charts. The control charts aimed to know the process capability (Cpk) from the Melt Index and Density as a characteristic for assessing the LLDPE quality. The result of this research shows that the Cpk from Melt Index is 0.96 with 2.26 sigma and the CPk of Density is 1.56 with 2.27 sigma shows that the capability process in producing LLDPE is not good enough. The range of product grade changeover should be reduced to decrease the probability of product defect (off-grade).

Keywords : *Off-grade, Defect, Melt Index, Density, \bar{x} – bar charts, Hotelling's T^2 Control Charts*

*) Penulis Penanggung Jawab

1. Pendahuluan

Industri petrokimia di Indonesia saat ini sedang berkembang pesat. Persediaan cadangan minyak dan gas bumi yang masih belum tereksplorasi serta kebutuhan masyarakat akan produk-produk dengan bahan dasar *polymer* maupun *polyethylene* yang tinggi mengakibatkan permintaan pasar yang besar untuk produk jenis plastik. Selain itu, masih tingginya nilai impor bahan baku plastik di Indonesia menyebabkan peluang terciptanya lapangan usaha baru yang berbasis pada industri petrokimi dapat didukung sepenuhnya oleh pemerintah untuk memenuhi permintaan dalam negeri.

Sejalan dengan peningkatan perekonomian penduduk Indonesia, permintaan kebutuhan plastik melalui industri petrokimia meningkat pesat terutama untuk memenuhi produk-produk berbahan dasar plastik seperti film, ember, *dashboard* mobil dan lain sebagainya, sehingga perkembangan PT. Chandra Asri Petrochemical sangat penting bagi kemajuan industri dan perekonomian Indonesia.

Hal yang dapat dilihat dari produk LLDPE ialah berupa nilai *Melt Index* dan *Density*. Berdasarkan *Melt Index* dan *Density* produk, dapat ditentukan apakah produk tergolong sesuai dengan kualitas (*on-grade*) atau di bawah kualitas (*off-grade*). Produk LLDPE dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik (*on-grade*) jika memiliki nilai *Melt Index* 1.00 g/10 min dengan toleransi $0.8 \leq MI \leq 1.2 \text{ g/10 min}$, dan nilai *Density* 0.9210 gr/cm^3 dengan toleransi $0.9190 \leq \text{Density} \leq 0.9230 \text{ gr/cm}^3$. Sedangkan jika berada di luar batas toleransi, maka produk digolongkan sebagai *off-grade*.

PT. Chandra Asri Petrochemical mengalami *off-grade* produk setidaknya satu kali dalam dua minggu yaitu saat melakukan *set-up* perubahan grade produk, yaitu sebanyak 29.4 ton yang mengalami ketidaksesuaian *Melt Index* dan 7 ton yang mengalami ketidaksesuaian *Density* untuk produksi 14000 *metric ton* LLDPE dalam satu bulan. *Off-grade* produk dapat berupa kondisi timbulnya *black-spot* maupun ketidaksesuaian nilai *Melt Index* dan *Density* yang keluar dari batas toleransi. Hal ini dapat menyebabkan timbulnya biaya akibat proses pengerjaan ulang (*rework*) yang berupa biaya penambahan bahan baku, biaya kelistrikan serta kerugian akibat membuang produk *off-grade*. Suplai nitrogen dan *comonomer* yang tidak tepat serta seringnya terjadi penggantian grade produk merupakan penyebab seringnya terjadi kondisi *Off-grade* ini.

Dengan menggunakan dasar tersebut, maka akan digunakan alat statistik kendali mutu menggunakan metode *Statistical Process Control* yaitu dengan menggunakan peta kendali \bar{x} -bar dan r serta Hotelling's T^2 Control Charts dengan tujuan untuk mengetahui ketidaksesuaian yang terjadi, dan juga akan digunakan *Ishikawa diagram* untuk mengetahui penyebab dari ketidaksesuaian tersebut (Ilham, 2012). Penggunaan metode tersebut dikarenakan pengolahan data dengan jenis variable untuk pengambilan sampel n kurang dari 10 sampel (Rimawan, 2007). Berdasarkan uraian tersebut maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapabilitas proses *Melt Index* dan *Density* pada produk LLDPE melalui *joint control procedure* pada *fabric-production process in control*, agar dapat diketahui variable manakah yang harus dipantau secara cermat berdasarkan masalah yang ada. Kemudian setelah dianalisa penyebab dari ketidaksesuaian produk, akan ditentukan usulan perbaikan pada proses produksi LLDPE.

2. Metodologi

Pada penelitian ini digunakan data variabel yang diperoleh dari bagian *section* LLDPE bagian produksi PT. Chandra Asri Petrochemical yang berupa data *Melt Index* (MI) dan *Density* 10 – 19 Februari 2014 pada pembuatan pellet UF 1810 Series LLDPE. Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Statistical Process Control* dengan menggunakan peta \bar{x} -bar dan R serta Hotelling's T^2 Control Charts untuk pengolahan data kualitas variabel. Kemudian dilakukan perhitungan Indeks Kapabilitas Proses (C_p) untuk mengetahui besarnya kemampuan proses untuk memproduksi output sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. Hasil olahan data tersebut kemudian dianalisis untuk didapatkan kesimpulan dan saran yang dapat menjadi rekomendasi perbaikan untuk perusahaan.

Pada tahap awal, dilakukan perhitungan menggunakan peta R untuk mengetahui tingkat akurasi dari data. Jika data yang diolah sudah akurat, maka dilanjutkan dengan perhitungan menggunakan peta kendali \bar{x} -bar untuk melihat batas kendali dari data yang diolah. Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kapabilitas proses (C_p) untuk mengetahui tingkat kemampuan proses dari nilai

target nominal. Setelah itu, akan dilakukan analisa sumber-sumber penyebab cacat melalui *fishbone diagram* serta menentukan usulan perbaikan dengan membuat diagram 5W + 1H.

Pada penggunaan *control chart* untuk data variable, dapat digunakan Peta kendali \bar{x} dan R dan Peta kendali \bar{x} dan S. pada peta kendali \bar{x} dan R, fungsi dari peta \bar{x} menurut Gasperz (2003) yaitu memantau perubahan suatu sebaran atau distribusi suatu variabel asal dalam hal lokasinya (pemusatannya). Kemudian untuk menentukan apakah proses masih berada dalam batas-batas pengendalian atau tidak, apakah rata-rata produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Sementara itu, fungsi dari peta kendali R menurut Montgomery (1985) yaitu memantau perubahan dalam hal *spread*-nya (penyebarannya) dan memantau tingkat keakurasian/ketepatan proses yang diukur dengan mencari range dari sampel yang diambil. Langkah dalam pembuatan Peta X dan R yaitu (Tjiptono, 2003):

1. Tentukan ukuran subgrup ($n = 3, 4, 5, \dots$)
2. Tentukan banyaknya subgrup (k) sedikitnya 20 subgrup.
3. Hitung nilai rata-rata dari setiap subgrup, yaitu \bar{X} .
4. Hitung nilai rata-rata seluruh \bar{X} , yaitu $\bar{\bar{X}}$, yang merupakan center line dari peta kendali \bar{X} .
5. Hitung nilai selisih data terbesar dengan data terkecil dari setiap subgrup, yaitu Range (R).
6. Hitung nilai rata-rata dari seluruh R , yaitu \bar{R} yang merupakan center line dari peta kendali R .
7. Hitung batas kendali dari peta kendali \bar{X} :

$$UCL = \bar{\bar{X}} + (A_2 \cdot \bar{R}) \dots \dots \dots (1)$$

$$LCL = \bar{\bar{X}} - (A_2 \cdot \bar{R}) \dots \dots \dots (2)$$
8. Hitung batas kendali untuk peta kendali R

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R} \dots \dots \dots (3)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R} \dots \dots \dots (4)$$
9. Plot data \bar{X} dan R pada peta kendali \bar{X} dan R serta amati apakah data tersebut berada dalam pengendalian atau tidak.

Pada penelitian ini akan dihitung nilai kapabilitas proses (C_p), yaitu kemampuan proses untuk memproduksi output sesuai dengan ekspektasi dan kebutuhan pelanggan. Indeks C_p mengacu kepada CTQ (*Critical to Quality*) atau item karakteristik kualitas individual. Indeks C_p mengukur kapabilitas potensial dan biasanya didefinisikan sebagai $C_p = (USL - LSL)/6\sigma$. Kedua nilai USL dan LSL ditentukan berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan. Sedangkan standar deviasi merupakan ukuran variasi proses atau penyimpangan dari nilai target yang ditetapkan. Kemampuan proses hanya diukur untuk proses yang stabil, sehingga nilai standar deviasi yang digunakan dalam pengukuran nilai C_p harus berasal dari proses yang stabil (Wawolumaja, 2013).

Perhitungan C_p didapatkan melalui rumus sebagai berikut (Mitra, 1993):

$$C_p = (USL - LSL) / 6\sigma \dots \dots \dots (5)$$

$$\sigma = R/d_2 \dots \dots \dots (6)$$

Sementara itu, kriteria penilaian dari hasil kapabilitas proses yang telah dihitung adalah sebagai berikut (Mitra, 1993) :

- Jika $C_p > 1.33$, maka kapabilitas proses sangat baik
- Jika $1.00 \leq C_p \leq 1.33$, maka kapabilitas proses baik, namun perlu pengendalian ketat apabila nilai C_p mendekati 1.00
- Jika $C_p < 1.00$, maka kapabilitas proses rendah, sehingga perlu ditingkatkan kinerjanya mealui peningkatan proses tersebut.

Misalkan, kita memiliki dua karakteristik kualitas, X_1 dan X_2 , didistribusikan bersama-sama sesuai dengan distribusi normal bivariat. Asumsikan bahwa nominal, atau target, nilai rata-rata dari karakteristik yang diwakili oleh \bar{X}_1 bar dan \bar{X}_2 bar. Dengan variansi sampel berupa s_1^2 dan s_2^2 dan juga kovariansi antara dua variable dinotasikan dengan s_{12} untuk a sampel dengan ukuran n . Dari kondisi ini, statistik didistribusikan dengan distribusi Hotelling's T^2 dengan 2 dan $(n-1)$ derajat kebebasan. Perhitungan Hotelling's T^2 Control charts dilakukan dengan formulasi (Mitra, 1993) :

$$T^2 = \frac{n}{(s_1^2 s_2^2 - s_{12}^2)} [s_2^2 (\bar{X}_1 - \bar{X}_1)^2 + s_1^2 (\bar{X}_2 - \bar{X}_2)^2 - 2s_{12} (\bar{X}_1 - \bar{X}_1)(\bar{X}_2 - \bar{X}_2)] \dots\dots\dots(7)$$

Sedangkan untuk mengetahui batas atas dari Hotelling's T^2 control charts ini ialah dengan menggunakan formulasi (Mitra, 1993) :

$$UCL = \left(\frac{mnp - mp - np + p}{mn - m - p + 1} \right) F_{\alpha, p, (mn - m - p + 1)} \dots\dots\dots(8)$$

Dimana (p) merupakan jumlah karakteristik, (n) adalah ukuran sampel, dan (m) adalah jumlah sampel (Mitra, 1993). Langkah selanjutnya dalam Hotelling's T^2 control charts adalah dengan menghitung rata-rata, variansi, kovariansi.

Formulasi dalam menghitung rata-rata adalah sebagai berikut:

$$\bar{X}_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n X_{ijk}}{n} \dots\dots\dots(9)$$

Dimana \bar{X}_{ij} merupakan rata-rata sampel dari karakteristik (i) pada sampel ke-(j). Dengan menggunakan perhitungan rata-rata, akan didapatkan nilai \bar{X}_{ij} untuk kedua karakteristik, yaitu \bar{X}_{1j} dan \bar{X}_{2j} . Perhitungan variansi dengan formulasi sebagai berikut:

$$S_{ij}^2 = \frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{ij})^2 \dots\dots\dots(10)$$

Dimana s_{ij}^2 merupakan variansi sampel dari karakteristik (i) pada sampel ke-(j). Dengan menggunakan perhitungan variansi, akan didapatkan nilai s_{ij}^2 untuk kedua karakteristik, yaitu s_{1j}^2 dan s_{2j}^2 . Perhitungan kovariansi dengan formulasi sebagai berikut:

$$S_{ihj} = \frac{1}{(n-1)} \sum_{k=1}^n (X_{ijk} - \bar{X}_{ij})(X_{hjk} - \bar{X}_{hj}) \dots\dots\dots(11)$$

Dimana s_{ihj} merupakan kovariansi sampel antara karakteristik (i) dan karakteristik (h) pada sampel ke-(j). Dengan menggunakan perhitungan variansi, akan didapatkan nilai s_{12j} .

3. Hasil dan Pembahasan

Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari bagian produksi *Section* LLDPE, PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk., berupa data *Melt Index* (MI) dan *Density* pada tanggal 25 Desember 2013 hingga 19 Februari 2014. Terdapat data nilai *Melt Index* (MI) dan *Density* yang diamati pada jam 04.00, 08.00, 12.00, 16.00, 20.00 dan 24.00 setiap harinya. Pada *Melt Index* (MI) produk pellet UF – 1810 Series, *on-spec* untuk ukuran terbaiknya adalah pada ukuran 1.00 g/10 min dengan toleransi $0.8 \leq MI \leq 1.2$ g/10 min. Sedangkan untuk *Density* pada produk pellet UF – 1810 Series, *on-spec* untuk ukuran terbaiknya adalah pada ukuran 0.9210 gr/cm³ dengan toleransi $0.9190 \leq Density \leq 0.9230$ gr/cm³. Berikut merupakan data nilai *Melt Index* pada tabel 1.

Tabel 1. Data *Melt Index* (MI) produk UF – 1810 Series

No.	Tanggal	Jam					
		04.00	08.00	12.00	16.00	20.00	24.00
1	25 Desember 2013	0.98	0.91	0.94	0.90	0.92	0.90
2	26 Desember 2013	0.97	0.94	1.03	1.04	1.05	0.95
3	27 Desember 2013	1.03	0.95	0.98	1.01	1.06	1.10
4	28 Desember 2013	1.15	1.03	0.92	0.87	1.06	1.18
5	29 Desember 2013	1.03	1.07	1.05	1.12	0.95	1.05
6	30 Desember 2013	0.98	1.00	0.91	0.97	0.98	1.02
7	31 Desember 2013	1.01	0.97	0.96	0.95	1.08	1.03
8	22 Januari 2014	1.00	1.01	0.84	0.87	0.88	0.92
9	23 Januari 2014	1.11	1.05	1.00	1.04	1.12	1.12
10	24 Januari 2014	0.97	1.05	1.02	0.97	0.92	0.97
11	25 Januari 2014	1.11	0.99	0.99	1.11	1.08	1.19

Lanjutan Tabel 1. Data *Melt Index* (MI) produk UF – 1810 Series

No.	Tanggal	Jam					
		04.00	08.00	12.00	16.00	20.00	24.00
12	26 Januari 2014	1.15	1.12	1.09	1.09	1.16	1.16
13	27 Januari 2014	1.11	1.16	1.18	1.07	1.05	1.12
14	28 Januari 2014	1.07	1.03	1.08	1.09	1.11	1.07
15	29 Januari 2014	1.07	1.09	1.06	1.06	0.93	1.10
16	10 Februari 2014	1.02	0.94	0.93	1.03	1.08	1.06
17	11 Februari 2014	0.96	1.07	1.13	0.96	1.15	1.01
18	12 Februari 2014	1.06	1.03	1.00	1.19	0.97	1.00
19	13 Februari 2014	0.99	1.06	1.05	1.16	1.04	1.00
20	14 Februari 2014	1.08	1.08	1.06	1.05	1.04	1.07
21	15 Februari 2014	1.08	1.05	1.06	1.11	1.15	1.09
22	16 Februari 2014	1.10	0.99	1.16	1.13	1.10	1.03
23	17 Februari 2014	1.00	1.08	1.07	1.07	1.06	0.99
24	18 Februari 2014	1.09	1.04	1.04	1.05	1.06	1.20
25	19 Februari 2014	1.05	1.09	1.04	1.10	1.05	1.09

On-spec produk : 1.00 g/10 min

Toleransi : $0.8 \leq MI \leq 1.2$ g/10 min

Berikut merupakan data *density* yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 2. Data *density* produk UF – 1810 Series

No.	Tanggal	Jam					
		04.00	08.00	12.00	16.00	20.00	24.00
1	25 Desember 2013	0.9209	0.9212	0.9210	0.9205	0.9200	0.9213
2	26 Desember 2013	0.9212	0.9210	0.9208	0.9215	0.9214	0.9214
3	27 Desember 2013	0.9206	0.9219	0.9217	0.9218	0.9209	0.9210
4	28 Desember 2013	0.9215	0.9212	0.9215	0.9215	0.9212	0.9210
5	29 Desember 2013	0.9223	0.9222	0.9225	0.9230	0.9224	0.9220
6	30 Desember 2013	0.9215	0.9226	0.9226	0.9220	0.9211	0.9220
7	31 Desember 2013	0.9215	0.9218	0.9220	0.9225	0.9224	0.9221
8	22 Januari 2014	0.9212	0.9179	0.9196	0.9213	0.9209	0.9214
9	23 Januari 2014	0.9211	0.9220	0.9213	0.9214	0.9223	0.9216
10	24 Januari 2014	0.9221	0.9217	0.9214	0.9213	0.9217	0.9220
11	25 Januari 2014	0.9216	0.9218	0.9217	0.9219	0.9220	0.9220
12	26 Januari 2014	0.9211	0.9215	0.9212	0.9218	0.9214	0.9214
13	27 Januari 2014	0.9218	0.9210	0.9213	0.9216	0.9208	0.9212
14	28 Januari 2014	0.9221	0.9215	0.9210	0.9216	0.9218	0.9221
15	29 Januari 2014	0.9220	0.9219	0.9218	0.9216	0.9212	0.9215
16	10 Februari 2014	0.9193	0.9183	0.9183	0.9195	0.9192	0.9189
17	11 Februari 2014	0.9185	0.9187	0.9180	0.9189	0.9178	0.9192
18	12 Februari 2014	0.9210	0.9217	0.9212	0.9212	0.9213	0.9203
19	13 Februari 2014	0.9218	0.9215	0.9214	0.9214	0.9211	0.9214

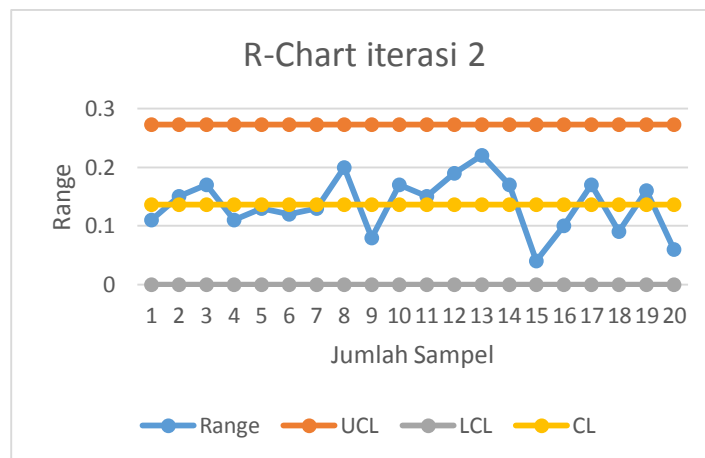
Lanjutan Tabel 2. Data *density* produk UF – 1810 Series

No.	Tanggal	Jam					
		04.00	08.00	12.00	16.00	20.00	24.00
20	14 Februari 2014	0.9202	0.9197	0.9194	0.9197	0.9200	0.9199
21	15 Februari 2014	0.9195	0.9197	0.9198	0.9198	0.9196	0.9197
22	16 Februari 2014	0.9195	0.9202	0.9199	0.9200	0.9197	0.9196
23	17 Februari 2014	0.9183	0.9197	0.9197	0.9193	0.9200	0.9195
24	18 Februari 2014	0.9212	0.9212	0.9212	0.9212	0.9208	0.9217
25	19 Februari 2014	0.9209	0.9213	0.9215	0.9219	0.9213	0.9213

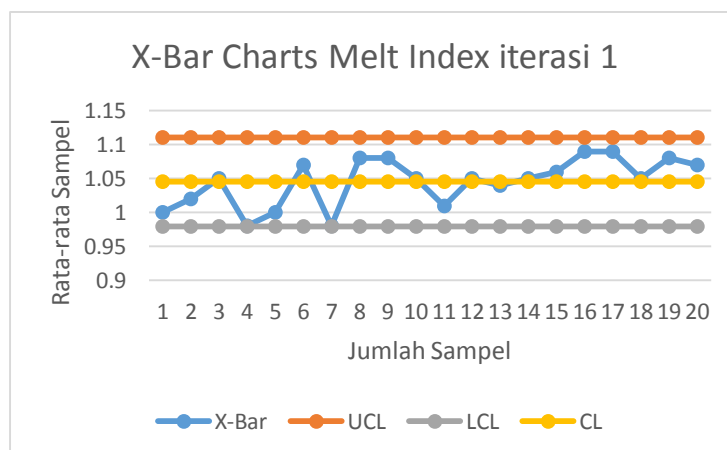
On-spec produk : 0.9210 gr/cm^3

Toleransi : $0.9190 \leq \text{Density} \leq 0.9230 \text{ gr/cm}^3$

Langkah awal adalah pengolahan dengan menggunakan peta \bar{X} - R dan Cpk pada *Melt Index* (MI). Perhitungan Peta R dilakukan terlebih dahulu hingga kemudian dilakukan perhitungan peta X. Pada *Melt Index*, peta R hingga tahap iterasi 2 terdapat lima data yang keluar yaitu pada sampel ke-1, 4, 7, 11 dan 12 sehingga data ini harus dibuang terlebih dahulu. Hasil dari peta X iterasi 1 menunjukkan 20 data *Melt Index* berada pada batas control UCL dan LCL. Hasil perhitungan peta X-R pada *Melt Index* menunjukkan nilai $\bar{X} = 1.045$ dan $R = 0.136$. Untuk menghitung nilai Cpk, digunakan rumus pada persamaan 5 dan 6. Dengan demikian maka didapatkan nilai Cpk sebesar 0.96 dengan sigma sebesar 2.26. Gambar 1 dan 2 berikut menunjukkan hasil dari peta R *Melt Index* pada iterasi 2 dan peta X *Melt Index* iterasi 1.

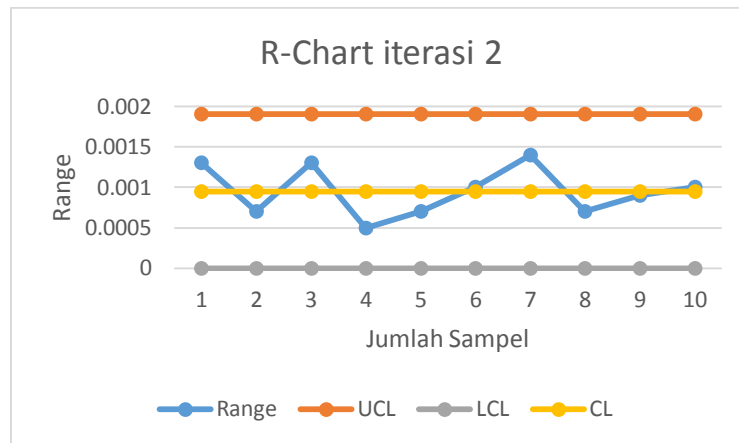


Gambar 1. Grafik R *Melt Index* iterasi 2

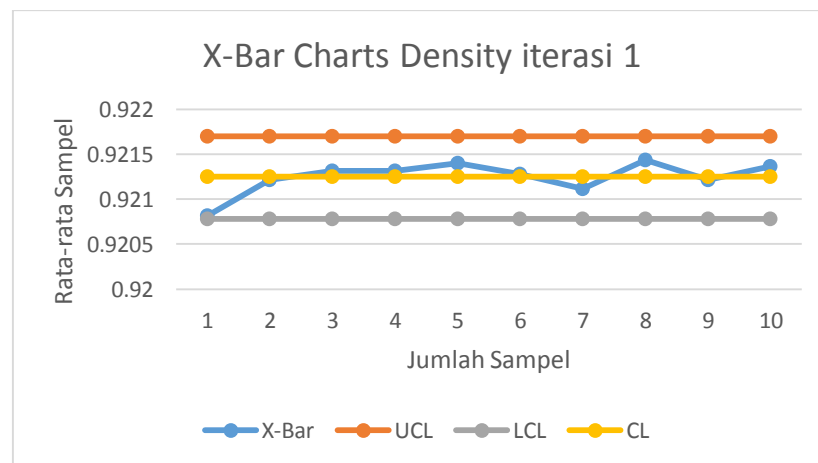


Gambar 2. Grafik \bar{X} *Melt Index* iterasi 1

Langkah selanjutnya adalah pengolahan dengan menggunakan peta \bar{X} - R dan Cpk pada *Density* (MI). Perhitungan Peta R dilakukan terlebih dahulu hingga kemudian dilakukan perhitungan peta \bar{X} . Pada *Density*, peta R hingga tahap iterasi 2 terdapat 15 data yang keluar dari UCL yaitu pada sampel ke-5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14. Untuk data yang keluar dari LCL adalah data ke-15, 16, 19, 20, 21 dan 22 sehingga data ini harus dibuang terlebih dahulu. Hasil dari peta \bar{X} iterasi 1 menunjukkan 10 data *Density* berada pada batas control UCL dan LCL. Hasil perhitungan peta \bar{X} -R pada *Density* menunjukkan nilai $\bar{\bar{X}} = 0.921248$ dan $R = 0.00095$. Untuk menghitung nilai Cpk, digunakan rumus pada persamaan 5 dan 6. Dengan demikian maka didapatkan nilai Cpk sebesar 1.56 dengan sigma sebesar 2.27. Gambar 3 dan 4 berikut menunjukkan hasil dari peta R *Density* pada iterasi 2 dan peta \bar{X} *Density* iterasi 1.



Gambar 3. Grafik R Chart *Density* iterasi 2



Gambar 4. Grafik \bar{X} *Density* iterasi 1

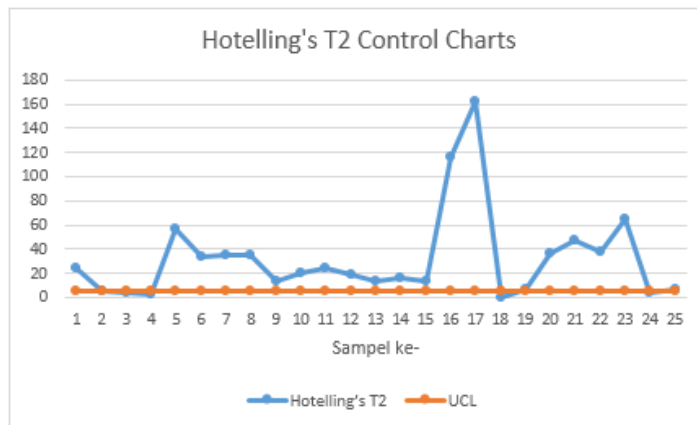
Langkah selanjutnya setelah mengetahui nilai Cpk dari *Melt Index* dan *Density*, yaitu dengan menghitung peta control menggunakan Hotelling's T^2 . Hotelling's T^2 control charts merupakan peta control yang berfungsi untuk mengetahui apakah terdapat data yang keluar dari batas kendali dengan menggunakan sampel berdistribusi normal yang terdiri dari p-karakteristik kualitas. Hotelling's T^2 control chart dapat mengetahui hubungan antar 2 variabel atau lebih. Dari data pengamatan, akan diketahui apakah *melt index* dan *density* masih berada pada produksi dalam batas control. Dalam hal ini, jumlah karakteristik (p) = 2 merupakan representasi dari *Melt Index* dan *Density*, ukuran sampel (n) = 6 untuk 6 kali waktu pengambilan ukuran sampel, dan jumlah sampel (m) = 25 merupakan jumlah hari yang dilakukan pengambilan sampel. Selanjutnya akan dilakukan perhitungan rata-ran (\bar{X}), variansi (s^2), kovariansi (s), dan nilai Hotelling's T^2 .

Formulasi dalam menghitung rata-rata mengacu pada persamaan 9. Setelah dilakukan perhitungan rata-rata, didapatkan rata-rata *Melt Index* sebesar 1.040267 dan *Density* sebesar 0.920958. Kemudian dilakukan perhitungan variansi dengan formulasi mengacu pada persamaan 10. Setelah dilakukan perhitungan variansi, didapatkan variansi *Melt Index* sebesar 0.003375 dan *Density* sebesar 0.0000002198. Kemudian dilakukan perhitungan kovariansi dengan formulasi mengacu pada persamaan 11. Setelah dilakukan perhitungan kovariansi, didapatkan kovariansi *Melt Index* dan *Density* sebesar -0.00000094. Setelah didapatkan hasil dari seluruh item untuk melakukan perhitungan Hotelling's T^2 Control Charts, langkah selanjutnya adalah dengan menghitung berdasarkan formulasi 7. Kemudian dilakukan perhitungan UCL T^2 dengan formulasi 8 untuk membandingkan apakah terdapat hasil Hotelling's yang keluar dari nilai UCL. Menggunakan Tabel F dari Appendix A-6 dengan interpolasi linear, dengan derajat kebebasan α sebesar 0.05 ($F_{0.05, 2, 124} = 3.069$) maka didapatkan nilai UCL sebesar $(1.9354) \times (3.069) = 5.939$. Tabel 3 berikut menunjukkan hasil rekapitulasi dari perbandingan Hotelling's T^2 dan UCL.

Tabel 3. Rekapitulasi nilai Hotelling's T^2 dan UCL

Hotelling's T^2	UCL
24.44241502	5.939
5.04072607	5.939
4.030144833	5.939
3.536434381	5.939
56.97267074	5.939
34.03025068	5.939
34.8075549	5.939
35.82119671	5.939
14.13418777	5.939
20.17415631	5.939
24.02628517	5.939
19.73571196	5.939
13.20329817	5.939
16.90885927	5.939
14.07949672	5.939
116.4550901	5.939
162.7251657	5.939
0.694901553	5.939
6.413951895	5.939
36.14802047	5.939
47.84385053	5.939
38.38679157	5.939
64.8570892	5.939
4.794893032	5.939
6.322649946	5.939

Gambar 5 berikut menunjukkan grafik perbandingan hasil Hotelling's T² Control Charts dan UCL dari Hotelling's.

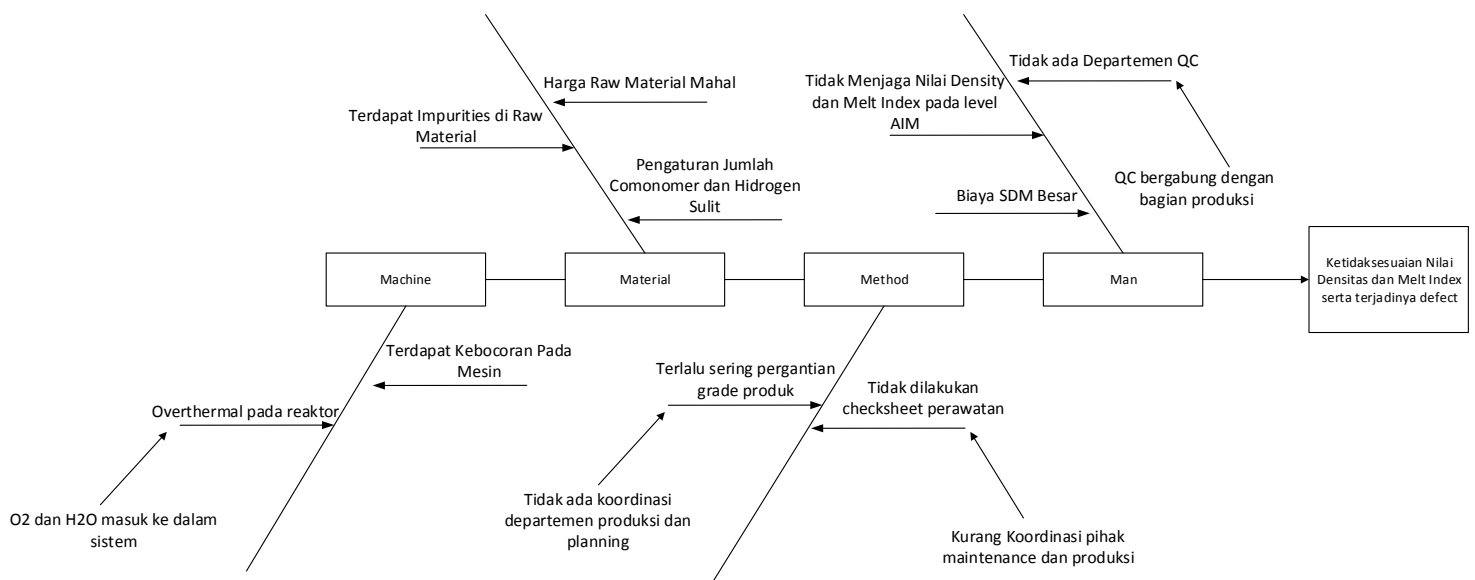


Gambar 5. Hotelling's T² Control Charts

Hasil dari Hotelling's T² Control Charts menunjukkan bahwa terdapat 20 data yang keluar dari UCL, sedangkan hanya terdapat 5 data yang masih berada di batas bawah UCL. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat ketidaksesuaian yang cukup besar pada proses produksi LLDPE. Ketidaksesuaian ini kemudian akan dicari tahu mengenai penyebabnya, yaitu dengan menggunakan metode 5 whys. Metode 5 Whys merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui faktor penyebab utama terjadinya suatu masalah yang terjadi. Setelah masalah ditentukan, diberikan pertanyaan kepada bagian manajerial dengan lima kali pertanyaan. Terdapat 4 masalah utama yang terjadi pada departemen LLDPE section PT. Chandra Asri Petrochemical. Tabel 4 berikut menunjukkan analisa dengan menggunakan metode 5 whys.

Tabel 4. Metode 5 Whys

No.	Masalah	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
1	Terjadi off-grade produk	Terjadi overthermal pada reaktor	Terdapat impurities di dalam raw material	O ₂ dan H ₂ O masuk ke dalam sistem	Terlalu seringnya pergantian grade produk	Tidak adanya koordinasi departemen produksi & planning
2	Tidak ada departemen QC	QC bergabung menjadi satu dengan bagian produksi	Engineer produksi dirasa mampu melakukan QC	Kebijakan yang diterapkan oleh manajemen	Ongkos SDM yang dapat membesar	Harga bahan baku produksi dan proses produksi yang sudah mahal
3	Nilai Density dan Melt Index tidak teratur	Nilai Density dan Melt Index tidak dijaga pada level AIM	Pengaturan jumlah comonomer dan hidrogen sulit	Tidak ada takaran standar untuk menetapkan ukuran	Pekerja tidak memperhatikan ukuran dengan tepat	Kurangnya koordinasi antara engineer dan operator
4	Terdapat molten plastic yang tercecer	Terdapat kebocoran pada mesin	Petugas maintenance tidak melakukan inspeksi	Tidak jelas perawatan secara berkala	Tidak dilakukan checklist perawatan	Kurangnya koordinasi antara pihak maintenance dan produksi



Gambar 6. Diagram Fishbone

Dari diagram fishbone pada gambar 6 di atas, dapat terlihat bahwa dari 5 faktor yang mempengaruhi *off-grade* produk LLDPE, faktor yang paling banyak mempengaruhi berasal dari material dan mesin. Hal tersebut disebabkan karena pada industri skala besar ini, kualitas bahan baku serta kualitas peralatan menjadi hal yang sangat penting dalam kontrol kualitas. Penanganan material yang sesuai dengan kebutuhan serta *maintenance* yang baik perlu dilakukan untuk mengurangi terjadinya *off-grade* produk ini. Dari diagram fishbone di atas, terlihat bahwa faktor yang sangat mempengaruhi adalah sering terjadinya transisi produk yang menyebabkan *off-grade material*. Selain itu, tidak tetapnya jumlah input untuk hidrogen dan comonomer yang berfungsi dalam mengatur nilai *Melt Index* dan *Density* juga mempengaruhi bentuk ketidaksesuaian sehingga tidak tercapai nilai AIM yang ditentukan. Untuk itu akan dilakukan analisa perbaikan dalam mengatasi permasalahan tersebut. Dari diagram fishbone yang telah dibentuk, dapat dilakukan analisa usulan perbaikan melalui metode 5W + 1H kepada *production engineer*, *production manager*, serta bagian *controlling*. Tabel 5 berikut menunjukkan usulan perbaikan dari penyebab-penyebab *off-grade*.

Tabel 5. Analisa usulan perbaikan

Penyebab <i>off-grade</i> produk	Usulan Perbaikan
Pemurnian comonomer terganggu akibat transisi grade produk	Perlu dilakukan penjadwalan ulang mengenai transisi produk, agar tidak terlalu sering terjadi <i>off-grade</i> produk akibat adanya H ₂ O dan O ₂ pada proses transisi.
Ethylene yang belum pure akan menimbulkan elektrostatis	Dilakukan pengecekan secara berkala (6 kali pengecekan dalam 1 hari) untuk mengetahui tingkat kemurnian Ethylene
Pergantian catalyst akibat transisi yang terlalu sering	Perlu dilakukan penjadwalan ulang mengenai transisi produk, agar tidak terlalu sering terjadi <i>off-grade</i> produk akibat adanya H ₂ O dan O ₂ pada proses pergantian catalyst
Banyak H ₂ O yang masih terbawa di raw material	Perbaikan proses purifikasi serta mengurangi seringnya pergantian grade produk
Banyak terjadi kebocoran pada mesin	Kebocoran pada saluran <i>Ethylene glycol</i> menyebabkan penurunan kapasitas pendinginan. Perlu dilakukan <i>maintenance</i> secara berlaka dengan penjadwalan <i>maintenance</i> yang jelas.
Timbul elektrostatis (<i>overthermal</i>) pada reaktor akibat adanya H ₂ O	Perbaikan proses purifikasi hingga mencapai kemurnian 99% untuk comonomer, nitrogen dan ethylene sehingga tidak membiarkan terjadinya <i>chunk</i> pada reaktor

Lanjutan Tabel 5. Analisa usulan perbaikan

Penyebab <i>off-grade</i> produk	Usulan Perbaikan
Molten plastic banyak tercecer di sekitar mesin	Dilakukan pengecekan mengenai kebocoran pada bagian finishing serta pengecekan umur pipa secara berkala
Banyaknya O ₂ yang masuk saat transisi	Perlu diterapkan cara transisi yang kedap udara serta mengurangi intensitas terjadinya transisi mesin
Pellet Chamber kurang panas sehingga bentuk pellet tidak sesuai	Dilakukan pengecekan terhadap chamber dengan memasang <i>thermal control</i>
Kebijakan transisi produk yang terlalu sering	Mengubah kebijakan dengan menerapkan <i>production levelling</i> sehingga permintaan tetap dapat terpenuhi dan tidak terjadi banyak <i>off-grade</i> produk
Scheduling yang tidak sesuai dengan kemampuan pabrik	Menetapkan scheduling ulang penjadwalan produksi dengan kerjasama antara departemen <i>production planning</i> dengan departemen produksi
Tidak ada departemen Quality Control	Membentuk departemen quality control yang berfungsi dalam mengatur kebijakan-kebijakan pengendalian kualitas serta menerapkan inovasi mesin/alat untuk mengurangi <i>off-grade</i> produk
Input hidrogen dan comonomer untuk mengendalikan Melt Index dan Density jumlahnya berubah-ubah (tidak tetap)	Menetapkan standar kebutuhan hidrogen dan comonomer yang sesuai agar selalu tercapai nilai AIM Melt Index sebesar 1.00 g/10 min dan nilai AIM Density sebesar 0.9210 gr/cm ³ untuk produk UF 1810 Series.

4. Kesimpulan

Nilai Cpk dari Melt Index bernilai 0.96 serta nilai sigma sebesar 2.26, menunjukkan kapabilitas proses pada Melt Index masih belum cukup baik dalam memenuhi kualitas AIM (*on-spec*) sebesar 1.0 g/10 min. PT. Chandra Asri Petrochemical dapat melakukan minimasi biaya produksi sebesar Rp. 313.600.000 jika pengendalian kualitas Melt Index selalu dipertahankan pada nilai mendekati 1.0 g/10 min. Nilai Cpk dari Density bernilai 1.56 serta nilai sigma sebesar 2.27, menunjukkan kapabilitas proses pada Densitas masih belum cukup baik dalam memenuhi kualitas AIM (*on-spec*) sebesar 0.9210 gr/cm³. PT. Chandra Asri Petrochemical dapat melakukan minimasi biaya produksi sebesar Rp. 98.000.000 dengan terus mempertahankan kualitas Density pada level 0.9210 gr/cm³. Dilihat dengan menggunakan peta X dan R, banyak terdapat data yang keluar dari batas kontrol atas maupun bawah pada Melt Index dan Density, sehingga meskipun kemampuan proses yang dimiliki sudah cukup baik, tetap terdapat data yang tidak terkontrol sehingga perlu dilakukan peninjauan lebih lanjut.

Dari hasil penggunaan Hotelling's T² Control Charts, diketahui bahwa terdapat 20 data yang keluar dari total 25 sampel data yang diambil. Kemudian pengolahan data dilanjutkan melalui individual charts dan diketahui bahwa penyebab terjadinya ketidaksesuaian produk diakibatkan oleh Density yang tidak memenuhi spesifikasi AIM yang ditetapkan oleh perusahaan. Ditunjukkan oleh Hotelling's T² Control Charts dengan derajat kebebasan α sebesar 0.05, 20 sampel data yang keluar diakibatkan oleh pengendalian rentang spesifikasi dari Melt Index dan Density yang terlalu besar, sehingga sulit untuk mencapai nilai AIM Melt Index sebesar 1.0 g/10 min dan nilai AIM Density sebesar 0.9210 gr/cm³.

Faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian yang paling utama ialah sering terjadinya pergantian *grade* produk yang dilakukan oleh perusahaan. Keadaan ini mengakibatkan kualitas bahan baku menjadi tidak baik. Banyaknya pergantian *grade* menyebabkan pergantian bahan baku berupa *comonomer* dilakukan dengan intensitas yang cukup sering. Hal ini mengakibatkan banyak H₂O dan O₂ bebas yang masuk ke dalam sistem, serta perubahan komposisi bahan baku yang berubah-ubah

dengan cepat, yang pada akhirnya dapat menyebabkan ketidaksesuaian nilai Melt Index dan Density serta menyebabkan terjadinya *defect* produk berupa *black-spot*.

Dengan melihat faktor penyebab terjadinya ketidaksesuaian, maka pada proses produksi PT. Chandra Asri Petrochemical, perlu dilakukan penjadwalan ulang produksi yang dilakukan oleh departemen *Production Planning*. Hal ini dikarenakan masalah yang terjadi diakibatkan oleh sering terjadinya pergantian *grade* produk tanpa mempertimbangkan kemampuan proses dalam menangani pergantian produk. Selain itu, kegiatan *maintenance* harus dijadwalkan secara rutin serta diketahui oleh *production engineer* agar keputusan *maintenance* diambil dengan tepat sesuai dengan kebutuhan.

Daftar Pustaka

- Gasperz, V. 2000. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000 & HACCP*. Gramedia: Jakarta
- Gasperz, V. 2003. *Metode Analisis untuk Peningkatan Kualitas*. Gramedia: Jakarta
- Ilham, M. N. 2012. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Statistical Processing Control (SPC) pada PT. Bosowa Media Grafika (Tribun Timur)*
- Mitra, A. 1993. *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. United States of America: Macmillan Publishing Company
- Montgomery, D. C. 1985. *Introduction To Statistical Quality Control*. United States of America. JOHN WILLEY & Sons, Inc.
- Rimawan, E. 2007. *Analisa pengendalian Kwalitas Produk untuk Meningkatkan Produktivitas dan Efisiensi dengan Menggunakan SPC*.
- Susetyo, J. 2009. *Analisis Pengendalian Kualitas melalui Evaluasi dan Perbaikan Proses Produksi dengan Pendekatan Metode Control Chart dan Metode Taguchi*. Jurnal Teknologi Technoscintia, AKPRIND Yogyakarta, Hal. 201
- Tjiptono, F. 2003. *Manajemen Kualitas Pendekatan Sisi Kualitatif*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Wawolumaja, R. 2013. *Usulan Perbaikan Kualitas dengan Metode DMAIC untuk Meminimasi Cacat Benang di Bagian Twisting PT. X*. Jurnal Zenit, 2. ISSN 2252-6749