

BAB V

ANALISIS MODEL PERSEDIAAN

5.1 Pembacaan Material

Data pemakaian material bahan baku yang digunakan dalam analisa ini adalah pemakaian dalam jangka waktu lima tahun 1998-2002. Dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data pemakaian material bahan baku (1998-1999)

Tahun	Bulan	Semen (Ton)	Split (m ³)	Pasir (m ³)
1998	Januari	720	1800	2100
	Februari	504	1428	1470
	Maret	720	2040	2100
	April	672	1904	1960
	Mei	720	2040	2100
	Juni	768	1920	2240
	Juli	600	1700	1750
	Agustus	600	1700	1750
	September	648	1835	1890
	Oktober	480	1360	1400
	November	480	1360	1400
	Desember	1200	3400	3500
1999	Januari	240	680	700
	Februari	360	1020	1050
	Maret	720	2040	2100
	April	720	2040	2100
	Mei	600	1700	1750
	Juni	480	1360	1400
	Juli	480	1360	1400
	Agustus	600	1700	1750
	September	888	2615	2590
	Oktober	480	1360	1400
	November	720	2040	2100
	Desember	600	1700	1750

Tabel 5.1 Lanjutan Data pemakaian material bahan baku (200-2002)

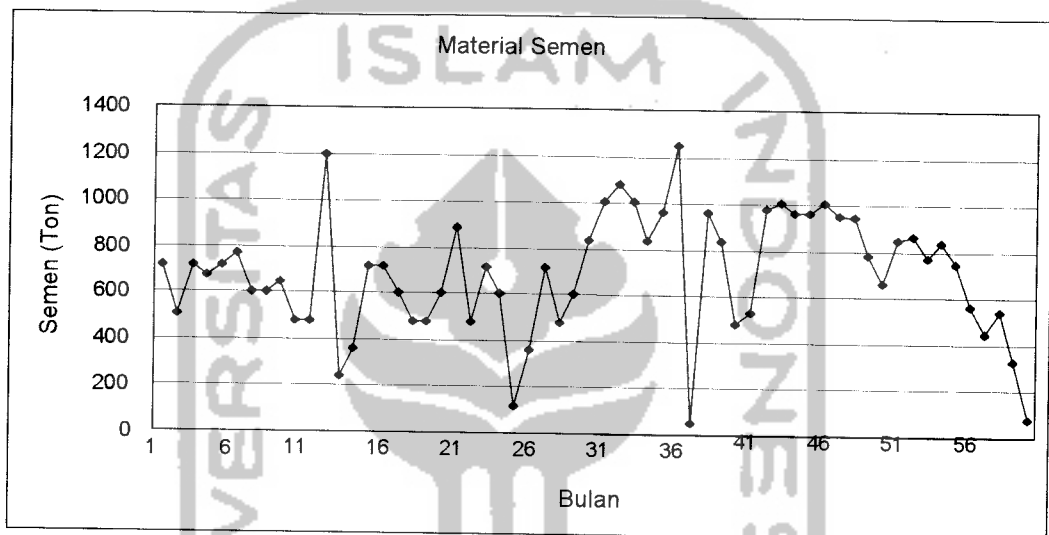
2000	Januari	120	340	350
	Februari	360	1020	1050
	Maret	720	2040	2100
	April	480	1360	1400
	Mei	600	1700	1750
	Juni	840	2380	2450
	Juli	1008	2856	2940
	Agustus	1080	3060	3150
	September	1008	2856	2940
	Oktober	840	2380	2450
	November	960	2720	2800
	Desember	1248	3536	3640
2001	Januari	48	1360	1400
	Februari	960	2720	2800
	Maret	840	2380	2450
	April	480	1360	1400
	Mei	528	1496	1540
	Juni	980	2720	2800
	Juli	1008	2856	2940
	Agustus	960	2720	2800
	September	960	2720	2800
	Oktober	1008	3060	3150
	November	950	3740	3850
	Desember	945	3400	3500
2002	Januari	780	1360	1400
	Februari	660	1700	1750
	Maret	850	2040	2100
	April	864	1836	1890
	Mei	768	2380	2450
	Juni	840	2380	2450
	Juli	750	2516	2310
	Agustus	656	2720	2275
	September	445	2720	2360
	Oktober	542	3610	1996
	November	327	3350	1768
	Desember	92	2184	1756

Sumber : PT Adhi Karya, Semarang

5.2 Pengolahan Data

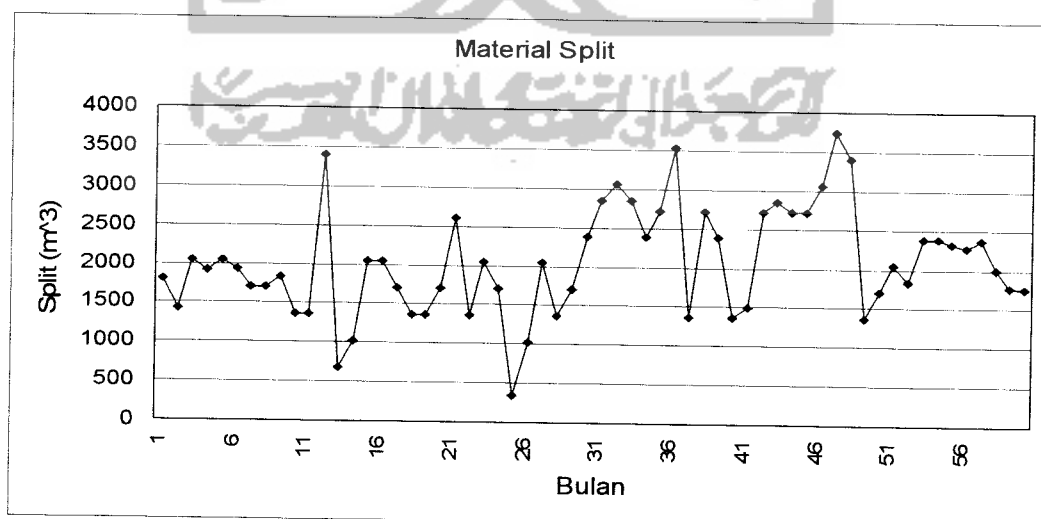
Pada tabel di atas dapat dibuat plot data untuk mengetahui jenis pola datanya, apakah mengandung unsur trend, musiman, siklus atau horisontal. Hasil plot data pemakaian material tahun sebelumnya ini dapat dilihat pada grafik di bawah ini.

A. Pola data untuk meterial semen



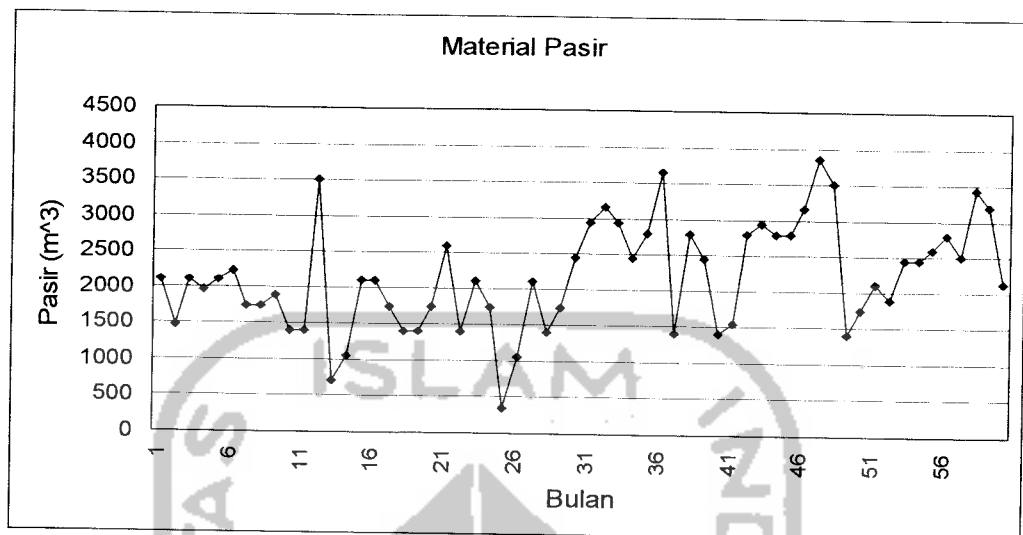
Gambar 5.1 Hasil plot pemakaian semen (sumber PT. Adhi Karya)

B. Pola data untuk material split



Gambar 5.2 Hasil plot pemakaian Split (sumber PT. Adhi Karya)

C. Pola data untuk pasir



Gambar 5.3 Hasil plot pemakaian pasir (sumber PT. Adhi Karya)

Dari pola di atas, dapat diketahui terdapat fluktuasi data secara trend, dan juga faktor musiman. Proses peramalan akan dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel XP. Karena pola data sudah diketahui, maka ketiga macam metode sebagai perbandingan untuk meminimalkan kesalahan dalam melakukan peramalan

Ketiga metode tersebut adalah :

1. *Weight Moving Average*
2. *Exponential Smoothing with Linear Trend*
3. *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

Dari masing-masing fungsi peramalan tersebut akan memberikan nilai peramalan yang berbeda-beda, sedangkan untuk pemilihan metode terbaik akan dicari nilai MAD terkecil. Tidak ada kriteria khusus dalam pemilihan MAD ataupun MSD, perbedaan keduanya adalah MAD merupakan rata-rata kesalahan absolut,

sedangkan MSD merupakan rata-rata dari kesalahan yang dikuadratkan. Jadi MAD dipilih karena lebih mudah pengerjaannya. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

5.2.1 Peramalan pemakaian untuk material semen

a. Contoh perhitungan menggunakan metode *Weight Moving Average* (rumus 3.3)

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m}$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Feb})} = \frac{720 + 504}{2} = 612$$

$$F_{t(\text{Mar})} = \frac{504 + 720}{2} = 612$$

perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast Maret} = F_{t(\text{Feb})} = 612$$

$$\text{Forecast April} = F_{t(\text{Mar})} = 612$$

Perhitungan *error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 720 - 612 = 108$$

$$e_{t(\text{Apr})} = 672 - 696 = -24$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Forecast Semen Weight Moving Average selama 60 bulan

Tahun		Bulan	Semen (Ton)	Ft	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1998	1	Januari	720			
	2	Februari	504	612		
	3	Maret	720	612	612	108
	4	April	672	696	612	-24
	5	Mei	720	696	696	24
	6	Juni	768	744	696	24
	7	Juli	600	684	744	-84
	8	Agustus	600	600	684	0
	9	September	648	624	600	24
	10	Oktober	480	564	624	-84
	11	November	480	480	564	0
	12	Desember	1200	840	480	360
1999	13	Januari	240	720	840	-480
	14	Februari	360	300	720	60
	15	Maret	720	540	300	180
	16	April	720	720	540	0
	17	Mei	600	660	720	-60
	18	Juni	480	540	660	-60
	19	Juli	480	480	540	0
	20	Agustus	600	540	480	60
	21	September	888	744	540	144
	22	Oktober	480	684	744	-204
	23	November	720	600	684	120
	24	Desember	600	660	600	-60
2000	25	Januari	120	360	660	-240
	26	Februari	360	240	360	120
	27	Maret	720	540	240	180
	28	April	480	600	540	-120
	29	Mei	600	540	600	60
	30	Juni	840	720	540	120
	31	Juli	1008	924	720	84
	32	Agustus	1080	1044	924	36
	33	September	1008	1044	1044	-36
	34	Oktober	840	924	1044	-84
	35	November	960	900	924	60
	36	Desember	1248	1104	900	144

Lanjutan Tabel 5.2

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
2001	37	Januari	48	648.00	1104.00	-600.00
	38	Februari	960	504.00	648.00	456.00
	39	Maret	840	900.00	504.00	-60.00
	40	April	480	660.00	900.00	-180.00
	41	Mei	528	504.00	660.00	24.00
	42	Juni	980	754.00	504.00	226.00
	43	Juli	1008	994.00	754.00	14.00
	44	Agustus	960	984.00	994.00	-24.00
	45	September	960	960.00	984.00	0.00
	46	Oktober	1008	984.00	960.00	24.00
	47	November	950	979.00	984.00	-29.00
	48	Desember	945	947.50	979.00	-2.50
2002	49	Januari	780	862.50	947.50	-82.50
	50	Februari	660	720.00	862.50	-60.00
	51	Maret	850	755.00	720.00	95.00
	52	April	864	857.00	755.00	7.00
	53	Mei	768	816.00	857.00	-48.00
	54	Juni	840	804.00	816.00	36.00
	55	Juli	750	795.00	804.00	-45.00
	56	Agustus	564	657.00	795.00	-93.00
	57	September	445	504.50	657.00	-59.50
	58	Oktober	542	493.50	504.50	48.50
	59	November	327	434.50	493.50	-107.50
	60	Desember	92	209.50	434.50	-117.50
					209.50	5883.00

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{5883.06}{60} = 98.05$$

b. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 dan 3.10).

$$F_o = A_t; T_o = 0$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Tabel 5.3 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Semen *Exponential Smoothing with Linear Trend*

Tahun (T)	Jumlah Semen(Y) * 10 ⁴ (Ton)	T*Y	T ²	Y ²
1	0.8112	0.8112	1	0.65804544
2	0.7632	1.5264	4	0.58247424
3	0.7488	2.2464	9	0.56070144
4	0.7488	2.9952	16	0.56070144
5	0.7536	3.768	25	0.56791296
Total = 15	3.8256	11.3472	55	2.92983552

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 11.3472 - 15 * 3.8256}{5 * 55 - 15^2} = -0.01296$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{3.8256 - (-0.01296 * 15)}{5} = 0.804$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 720 \text{ dan } T_{\text{Jan}} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.804 * 504) + ((1 - 0.804) * (720 + 0)) = 546.34$$

$$T_{t(\text{Feb})} = -0.01296(546.34 - 720) + (1 - (-0.01296)) * 0 = 2.25$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Februari} = 720 + 0 = 720$$

$$\text{Forecast Maret} = 504 + 2.25 = 506.250$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 504 - 546.34 = -42.34$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 720 - 686.40 = -33.60$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 *Forecasting Semen Exponential Smoothing with Linear Trend*
Selama 60 bulan

Tahun		Bulan	Semen (Ton)	Tt	Ft	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1998	1	Januari	720	0.00	720.00		
	2	Februari	504	2.25	546.34	720.00	-42.34
	3	Maret	720	0.46	686.40	506.25	33.60
	4	April	672	0.62	674.91	720.46	-2.91
	5	Mei	720	0.16	711.28	672.62	8.72
	6	Juni	768	-0.43	756.91	720.16	11.09
	7	Juli	600	1.20	630.67	767.57	-30.67
	8	Agustus	600	1.53	606.25	601.20	-6.25
	9	September	648	1.11	640.12	601.53	7.88
	10	Oktober	480	2.79	511.60	649.11	-31.60
	11	November	480	3.15	486.74	482.79	-6.74
	12	Desember	1200	-4.25	1060.82	483.15	139.18
1999	13	Januari	240	4.26	400.05	1195.75	-160.05
	14	Februari	360	4.72	368.68	244.26	-8.68
	15	Maret	720	1.11	652.07	364.72	67.93
	16	April	720	0.41	706.90	721.11	13.10
	17	Mei	600	1.53	621.03	720.41	-21.03
	18	Juni	480	3.02	507.94	601.53	-27.94
	19	Juli	480	3.34	486.07	483.02	-6.07
	20	Agustus	600	2.19	578.32	483.34	21.68
	21	September	888	-1.02	827.73	602.19	60.27
	22	Oktober	480	2.59	547.96	886.98	-67.96
	23	November	720	0.83	686.79	482.59	33.21
	24	Desember	600	1.74	617.17	720.83	-17.17
2000	25	Januari	120	6.94	217.79	601.74	-97.79
	26	Februari	360	5.53	333.49	126.94	26.51
	27	Maret	720	1.56	645.33	365.53	74.67
	28	April	480	3.30	512.71	721.56	-32.71
	29	Mei	600	2.42	583.54	483.30	16.46
	30	Juni	840	-0.22	790.21	602.42	49.79
	31	Juli	1008	-2.49	965.27	839.78	42.73
	32	Agustus	1080	-3.72	1057.02	1005.51	22.98
	33	September	1008	-3.24	1016.88	1076.28	-8.88
	34	Oktober	840	-1.43	874.03	1004.76	-34.03
	35	November	960	-2.34	942.87	838.57	17.13
	36	Desember	1248	-5.55	1187.73	957.66	60.27

Lanjutan Tabel 5.4

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2001	37	Januari	48	6.27	270.30	1242.45	-222.30
	38	Februari	960	-0.85	826.05	54.27	133.95
	39	Maret	840	-1.01	837.10	959.15	2.90
	40	April	480	2.70	549.79	838.99	-69.79
	41	Mei	528	2.96	532.80	482.70	-4.80
	42	Juni	980	-1.67	892.93	530.96	87.07
	43	Juli	1008	-2.89	985.12	978.33	22.88
	44	Agustus	960	-2.65	964.36	1005.11	-4.36
	45	September	960	-2.64	960.33	957.35	-0.33
	46	Oktober	1008	-3.16	998.14	957.36	9.86
	47	November	950	-2.69	958.82	1004.84	-8.82
	48	Desember	945	-2.58	947.18	947.31	-2.18
2002	49	Januari	780	-0.86	812.26	942.42	-32.26
	50	Februari	660	0.72	689.67	779.14	-29.67
	51	Maret	850	-0.95	818.72	660.72	31.28
	52	April	864	-1.43	854.94	849.05	9.06
	53	Mei	768	-0.54	784.76	862.57	-16.76
	54	Juni	840	-1.12	829.07	767.46	10.93
	55	Juli	750	-0.31	765.28	838.88	-15.28
	56	Agustus	564	1.79	603.39	749.69	-39.39
	57	September	445	3.46	476.40	565.79	-31.40
	58	Oktober	542	2.81	529.82	448.46	12.18
	59	November	327	4.95	367.30	544.81	-40.30
	60	Desember	92	-6.21	146.93	331.95	-54.93
						85.79	$\sum e_i =$ 2202.72

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{2207.72}{60} = 36.711$$

c. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Double Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 dan 3.16).

$$F_o = F'_o = A_t, \quad F_t = \alpha A_t + (1-\alpha)F_{t-1}, \quad F'_t = \alpha F_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad T_t = A_t - F'_t,$$

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2}, \quad \alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n}$$

Tabel 5.5 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Semen *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

Tahun (T)	Jumlah Semen(Y) * 10 ⁴ (Ton)	T*Y	T ²	Y ²
1	0.8112	0.8112	1	0.65804544
2	0.7632	1.5264	4	0.58247424
3	0.7488	2.2464	9	0.56070144
4	0.7488	2.9952	16	0.56070144
5	0.7536	3.768	25	0.56791296
Total = 15	3.8256	11.3472	55	2.92983552

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 11.3472 - 15 * 3.8256}{5 * 55 - 15^2} = -0.01296$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{3.8256 - (-0.01296 * 15)}{5} = 0.804$$

Perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 720 \text{ dan } T_{t(\text{Jan})} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.804 * 504) + ((1 - 0.804) * (720 + 0)) = 546.34$$

$$F_{t(\text{Feb})}' = (0.804 * 546.34) + ((1 - 0.804) * (720)) = 580.37$$

$$T_{t(\text{Feb})} = 504 - 580.37 = -76.37$$

Perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast Februari} = 720 + 0 = 720$$

$$\text{Forecast Maret} = 504 + (-76.37) = 427.63$$

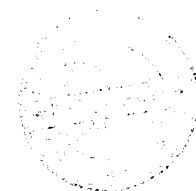
Perhitungan *error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 504 - 546.34 = -42.34$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 720 - 685.96 = -34.04$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.6.



Tabel 5.6 *Forecast Semen Double Exponential Smoothing with Linear Trend Selama 60 bulan*

Tahun		Bulan	Semen (Ton)	Ft	Ft'	Tt	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1998	1	Januari	720	720	720	0		
	2	Februari	504	546.34	580.37	-76.37	720.00	-42.34
	3	Maret	720	685.96	665.27	54.73	427.63	34.04
	4	April	672	674.74	672.88	-0.88	774.73	-2.74
	5	Mei	720	711.13	703.63	16.37	671.12	8.87
	6	Juni	768	756.85	746.42	21.58	736.37	11.15
	7	Juli	600	630.74	653.42	-53.42	789.58	-30.74
	8	Agustus	600	606.03	615.31	-15.31	546.58	-6.03
	9	September	648	639.77	634.98	13.02	584.69	8.23
	10	Oktober	480	511.32	535.55	-55.55	661.02	-31.32
	11	November	480	486.14	495.82	-15.82	424.45	-6.14
	12	Desember	1200	1060.08	949.49	250.51	464.18	139.92
1999	13	Januari	240	400.74	508.29	-268.29	1450.51	-160.74
	14	Februari	360	367.98	395.48	-35.48	-28.29	-7.98
	15	Maret	720	651.00	600.92	119.08	324.52	69.00
	16	April	720	706.48	685.79	34.21	839.08	13.52
	17	Mei	600	620.87	633.59	-33.59	754.21	-20.87
	18	Juni	480	507.61	532.30	-52.30	566.41	-27.61
	19	Juli	480	485.41	494.60	-14.60	427.70	-5.41
	20	Agustus	600	577.54	561.28	38.72	465.40	22.46
	21	September	888	827.15	775.04	112.96	638.72	60.85
	22	Oktober	480	548.04	592.53	-112.53	1000.96	-68.04
	23	November	720	686.30	667.92	52.08	367.47	33.70
	24	Desember	600	616.91	626.91	-26.91	772.08	-16.91
2000	25	Januari	120	217.40	297.66	-177.66	573.09	-97.40
	26	Februari	360	332.05	325.31	34.69	-57.66	27.95
	27	Maret	720	643.96	581.51	138.49	394.69	76.04
	28	April	480	512.14	525.73	-45.73	858.49	-32.14
	29	Mei	600	582.78	571.60	28.40	434.27	17.22
	30	Juni	840	789.58	746.86	93.14	628.40	50.42
	31	Juli	1008	965.19	922.40	85.60	933.14	42.81
	32	Agustus	1080	1057.50	1031.02	48.98	1093.60	22.50
	33	September	1008	1017.70	1020.31	-12.31	1128.98	-9.70
	34	Oktober	840	874.83	903.34	-63.34	995.69	-34.83
	35	November	960	943.31	935.47	24.53	776.66	16.69
	36	Desember	1248	1188.28	1138.73	109.27	984.53	59.72

Lanjutan Tabel 5.6

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2001	37	Januari	48	271.49	441.47	-393.47	1357.27	-223.49
	38	Februari	960	825.05	749.87	210.13	-345.47	134.95
	39	Maret	840	837.07	819.98	20.02	1170.13	2.93
	40	April	480	549.99	602.90	-122.90	860.02	-69.99
	41	Mei	528	532.31	546.15	-18.15	357.10	-4.31
	42	Juni	980	892.25	824.42	155.58	509.85	87.75
	43	Juli	1008	985.31	953.78	54.22	1135.58	22.69
	44	Agustus	960	964.96	962.77	-2.77	1062.22	-4.96
	45	September	960	960.97	961.32	-1.32	957.23	-0.97
	46	Oktober	1008	998.78	991.44	16.56	958.68	9.22
	47	November	950	959.56	965.81	-15.81	1024.56	-9.56
	48	Desember	945	947.85	951.37	-6.37	934.19	-2.85
2002	49	Januari	780	812.90	840.04	-60.04	938.63	-32.90
	50	Februari	660	689.97	719.38	-59.38	719.96	-29.97
	51	Maret	850	818.63	799.18	50.82	600.62	31.37
	52	April	864	855.11	844.15	19.85	900.82	8.89
	53	Mei	768	785.07	796.65	-28.65	883.85	-17.07
	54	Juni	840	829.23	822.85	17.15	739.35	10.77
	55	Juli	750	765.53	776.76	-26.76	857.15	-15.53
	56	Agustus	564	603.50	637.46	-73.46	723.24	-39.50
	57	September	445	476.07	507.70	-62.70	490.54	-31.07
	58	Oktober	542	529.08	524.89	17.11	382.30	12.92
	59	November	327	366.61	397.63	-70.63	559.11	-39.61
	60	Desember	92	145.82	195.18	-103.18	256.37	-53.82
							-11.18	2213.09

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} = \frac{2213.09}{60} = 38.88$$

Tabel 5.7 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian Semen

NO	Metode Peramalan	Nilai MAD
1	Weight Moving Average	98.05
2	Exponential Smoothing with Linear Trend	36.71
3	Double Exponential Smoothing with Linear Trend	38.88

Dengan melihat hasil MAD setiap teknik metode peramalan pada Tabel 5.7, maka metode yang terpilih untuk permintaan material semen adalah *Exponential Smoothing with Linear Trend*, kerana memberikan nilai MAD terkecil dari ketiga rumus metode peramalan.

Untuk selanjutnya adalah meramalkan pemakaian material semen dengan memakai angka pada Tabel 5.4 (kolom 7 dan baris terakhir), terdapat nilai *forecast* 85.79, nilai ini adalah anggapan sebagai nilai peramalan bulan Januari periode 2003. Sedangkan untuk bulan Februari sampai dengan Desember dapat dilihat pada Tabel 5.8. Langkah perhitungan sama dengan point b 5.2.1.

Tabel 5.8 Nilai peramalan semen untuk tahun 2003

Tahun		Bulan	Semen (Ton)	Tt	Ft	Forecast	Error
2003	1	Januari	85.79	-3.43	74.38	82.36	11.41
	2	Februari	82.36	1.55	80.12	82.36	2.24
	3	Maret	82.36	-4.09	82.22	83.90	0.14
	4	April	83.90	1.49	82.77	78.27	1.13
	5	Mei	78.27	-4.17	79.44	85.39	-1.17
	6	Juni	85.39	1.50	83.41	74.10	1.98
	7	Juli	74.10	-4.18	76.22	86.90	-2.12
	8	Agustus	86.90	1.47	83.99	69.93	2.91
	9	September	69.93	-4.14	72.97	88.37	-3.04
	10	Oktober	88.37	1.39	84.54	65.79	3.83
	11	November	65.79	-4.05	69.74	89.76	-3.95
	12	Desember	89.76	1.26	85.04	61.74	4.72
						948.88	

Tabel 5.9 di bawah menunjukkan hasil peramalan untuk keseluruhan data pemakaian material yang kemudian diasumsikan sebagai laju pemakaian per bulan selama 12 bulan mendatang (tahun 2003).

Tabel 5.9 Peramalan pemakaian material Semen

NO	Bulan	Pemakaian Material (Ton)
1	Januari	82.36
2	Februari	82.36
3	Maret	83.90
4	April	78.27
5	Mei	85.39
6	Juni	74.10
7	Juli	86.90
8	Agustus	69.93
9	September	88.37
10	Oktober	65.79
11	November	89.76
12	Desember	61.74
Perkiraan jumlah pemakaian total		948.88
Rata-rata pemakaian		79.0732

5.2.2 Peramalan pemakaian untuk material pasir

- a. Contoh perhitungan menggunakan metode *Weight Moving Average* (rumus 3.3)

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m}$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Feb})} = \frac{2100 + 1470}{2} = 1785$$

$$F_{t(\text{Mar})} = \frac{1470 + 2100}{2} = 1785$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Maret} = F_{t(\text{Feb})} = 1785$$

$$\text{Forecast April} = F_{t(\text{Mar})} = 1785$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1785 = 315$$

$$e_{t(\text{Apr})} = 1960 - 2030 = -70$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.10.



Tabel 5.10 *Forecast Pasir Weight Moving Average selama 60 bulan*

Tahun		Bulan	Pasir (m³)	Ft	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1998	1	Januari	2100			
	2	Februari	1470	1785		
	3	Maret	2100	1785	1785	315
	4	April	1960	2030	1785	-70
	5	Mei	2100	2030	2030	70
	6	Juni	2240	2170	2030	70
	7	Juli	1750	1995	2170	-245
	8	Agustus	1750	1750	1995	0
	9	September	1890	1820	1750	70
	10	Oktober	1400	1645	1820	-245
	11	November	1400	1400	1645	0
	12	Desember	3500	2450	1400	1050
1999	13	Januari	700	2100	2450	-1400
	14	Februari	1050	875	2100	175
	15	Maret	2100	1575	875	525
	16	April	2100	2100	1575	0
	17	Mei	1750	1925	2100	-175
	18	Juni	1400	1575	1925	-175
	19	Juli	1400	1400	1575	0
	20	Agustus	1750	1575	1400	175
	21	September	2590	2170	1575	420
	22	Oktober	1400	1995	2170	-595
	23	November	2100	1750	1995	350
	24	Desember	1750	1925	1750	-175
2000	25	Januari	350	1050	1925	-700
	26	Februari	1050	700	1050	350
	27	Maret	2100	1575	700	525
	28	April	1400	1750	1575	-350
	29	Mei	1750	1575	1750	175
	30	Juni	2450	2100	1575	350
	31	Juli	2940	2695	2100	245
	32	Agustus	3150	3045	2695	105
	33	September	2940	3045	3045	-105
	34	Oktober	2450	2695	3045	-245
	35	November	2800	2625	2695	175
	36	Desember	3640	3220	2625	420

Lanjutan Tabel 5.10

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
2001	37	Januari	1400	2520.00	3220.00	-1120.00
	38	Februari	2800	2100.00	2520.00	700.00
	39	Maret	2450	2625.00	2100.00	-175.00
	40	April	1400	1925.00	2625.00	-525.00
	41	Mei	1540	1470.00	1925.00	70.00
	42	Juni	2800	2170.00	1470.00	630.00
	43	Juli	2940	2870.00	2170.00	70.00
	44	Agustus	2800	2870.00	2870.00	-70.00
	45	September	2800	2800.00	2870.00	0.00
	46	Oktober	3150	2975.00	2800.00	175.00
	47	November	3850	3500.00	2975.00	350.00
	48	Desember	3500	3675.00	3500.00	-175.00
2002	49	Januari	1400	2450.00	3675.00	-1050.00
	50	Februari	1750	1575.00	2450.00	175.00
	51	Maret	2100	1925.00	1575.00	175.00
	52	April	1890	1995.00	1925.00	-105.00
	53	Mei	2450	2170.00	1995.00	280.00
	54	Juni	2450	2450.00	2170.00	0.00
	55	Juli	2590	2520.00	2450.00	70.00
	56	Agustus	2250	2420.00	2520.00	-170.00
	57	September	2135	2192.50	2420.00	-57.50
	58	Oktober	2000	2067.50	2192.50	-67.50
	59	November	1945	1972.50	2067.50	-27.50
	60	Desember	1564	1754.50	1972.50	-190.50
					1754.50	16473.00

Perhitungan MAD

$$MAD = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{n} = \frac{16473.0}{60} = 274.55$$

- b. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential Smoothing with Linear Trend* (rumus 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 dan 3.10).

$$F_o = A_t; T_o = 0$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Tabel 5.11 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Pasir *Exponential Smoothing with Linear Trend*

Tahun (T)	Jumlah Pasir (Y) * 10 ⁴ (Ton)	T*Y	T ²	Y ²
1	0.2366	0.2366	1	0.05597956
2	0.2226	0.4452	4	0.04955076
3	0.2184	0.6552	9	0.04769856
4	0.2184	0.8736	16	0.04769856
5	0.2198	1.099	25	0.04831204
Total = 15	1.1158	3.3096	55	0.24923948

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.3096 - 15 * 1.1158}{5 * 55 - 15^2} = -0.00378$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.1158 - (-0.00378 * 15)}{5} = 0.2345$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 2100 \text{ dan } T_{\text{Jan}} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2345 * 1470) + ((1 - 0.2345) * (2100 + 0)) = 1952.27$$

$$T_{t(\text{Feb})} = -0.00378(1952.27 - 2100) + (1 - (-0.00378)) * 0 = 0.56$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Februari} = 2100 + (1 * 0) = 2100$$

$$\text{Forecast Maret} = 1952.27 + (2 * 0.56) = 1953.38$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1470 - 1952.27 = -482.27$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1987.37 = 112.66$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.12.

Tabel 5.12 *Forecast Pasir Exponential Smoothing with Linear Trend selama 60 bulan*

Tahun		Bulan	Pasir (m ³)	Tt	Ft	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1998	1	Januari	2100	0.00	2100.00		
	2	Februari	1470	0.56	1952.27	2100.00	-482.27
	3	Maret	2100	0.43	1987.34	1953.38	112.66
	4	April	1960	0.45	1981.25	1988.62	-21.25
	5	Mei	2100	0.35	2009.45	1983.06	90.55
	6	Juni	2240	0.14	2063.78	2011.18	176.22
	7	Juli	1750	0.42	1990.31	2064.64	-240.31
	8	Agustus	1750	0.64	1934.28	1993.26	-184.28
	9	September	1890	0.68	1924.38	1939.36	-34.38
	10	Oktober	1400	1.14	1801.93	1930.46	-401.93
	11	November	1400	1.50	1708.55	1813.34	-308.55
	12	Desember	3500	-0.09	2129.79	1725.03	1370.21
1999	13	Januari	700	1.18	1794.44	2128.73	-1094.44
	14	Februari	1050	1.84	1620.77	1809.76	-570.77
	15	Maret	2100	1.42	1734.56	1646.52	365.44
	16	April	2100	1.09	1821.34	1755.80	278.66
	17	Mei	1750	1.16	1805.45	1838.83	-55.45
	18	Juni	1400	1.52	1711.26	1825.13	-311.26
	19	Juli	1400	1.80	1639.43	1738.58	-239.43
	20	Agustus	1750	1.70	1666.73	1673.54	83.27
	21	September	2590	0.88	1884.54	1700.71	705.46
	22	Oktober	1400	1.31	1771.59	1903.06	-371.59
	23	November	2100	1.02	1849.61	1800.46	250.39
	24	Desember	1750	1.11	1827.03	1873.12	-77.03
2000	25	Januari	350	2.42	1481.52	1853.71	-1131.52
	26	Februari	1050	2.81	1382.18	1542.07	-332.18
	27	Maret	2100	2.17	1552.66	1455.15	547.34
	28	April	1400	2.31	1518.52	1611.32	-118.52
	29	Mei	1750	2.11	1574.57	1583.20	175.43
	30	Juni	2450	1.33	1781.47	1635.67	668.53
	31	Juli	2940	0.31	2054.17	1821.46	885.83
	32	Agustus	3150	-0.66	2311.38	2063.69	838.62
	33	September	2940	-1.22	2458.28	2290.13	481.72
	34	Oktober	2450	-1.22	2455.40	2417.96	-5.40
	35	November	2800	-1.52	2535.28	2414.07	264.72
	36	Desember	3640	-2.50	2793.17	2482.01	846.83

Lanjutan Tabel 5.12

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2001	37	Januari	1400	-1.27	2464.56	2703.07	-1064.56
	38	Februari	2800	-1.57	2542.25	2417.57	257.75
	39	Maret	2450	-1.49	2519.41	2482.64	-69.41
	40	April	1400	-0.50	2255.77	2461.38	-855.77
	41	Mei	1540	0.14	2087.54	2235.89	-547.54
	42	Juni	2800	-0.49	2254.72	2093.15	545.28
	43	Juli	2940	-1.10	2415.04	2233.95	524.96
	44	Agustus	2800	-1.44	2504.47	2367.63	295.53
	45	September	2800	-1.71	2572.66	2440.90	227.34
	46	Oktober	3150	-2.22	2706.74	2495.81	443.26
	47	November	3850	-3.24	2973.14	2604.57	876.86
	48	Desember	3500	-3.71	3094.21	2821.02	405.79
2002	49	Januari	1400	-2.21	2694.08	2916.30	-1294.08
	50	Februari	1750	-1.37	2471.00	2585.89	-721.00
	51	Maret	2100	-1.05	2382.95	2402.35	-282.95
	52	April	1890	-0.61	2266.55	2329.64	-376.55
	53	Mei	2450	-0.77	2309.11	2234.87	140.89
	54	Juni	2450	-0.90	2341.55	2268.16	108.45
	55	Juli	2590	-1.12	2399.13	2293.06	190.87
	56	Agustus	2250	-0.99	2363.30	2337.58	-113.30
	57	September	2135	-0.79	2309.01	2307.98	-174.01
	58	Oktober	2000	-0.51	2235.94	2264.18	-235.94
	59	November	2160	-0.45	2217.74	2206.18	-57.74
	60	Desember	1564	0.13	2064.10	2191.41	-500.10
						2072.06	23270.41

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{23270.41}{60} = 387.84$$

c. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Double Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 dan 3.16).

$$F'_0 = F_0 = A_1, \quad F'_t = \alpha A_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad F''_t = \alpha F'_t + (1-\alpha)F''_{t-1}, \quad T_t = A_t - F'_t,$$

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2}, \quad \alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n}$$

Tabel 5.13 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Pasir *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

Tahun (T)	Jumlah Pasir (Y) * 10 ⁴ (Ton)	T*Y	T ²	Y ²
1	0.2366	0.2366	1	0.05597956
2	0.2226	0.4452	4	0.04955076
3	0.2184	0.6552	9	0.04769856
4	0.2184	0.8736	16	0.04769856
5	0.2198	1.099	25	0.04831204
Total = 15	1.1158	3.3096	55	0.24923948

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.3096 - 15 * 1.1158}{5 * 55 - 15^2} = -0.00378$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.1158 - (-0.00378 * 15)}{5} = 0.2345$$

Perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 2100 \text{ dan } T_{t(\text{Jan})} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2345 * 1470) + ((1 - 0.2345) * (2100)) = 1952.27$$

$$F_{t(\text{Feb})}' = (0.2345 * 1952.27) + ((1 - 0.2345) * (2100)) = 2065.36$$

$$T_{t(\text{Feb})} = 1470 - 2065.36 = -595.36$$

Perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast february} = 2100 + 0 = 2100$$

$$\text{Forecast maret} = 1470 + (-595.36) = 874.64$$

Perhitungan *error* (e_r)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1470 - 1952.27 = -482.27$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1986.91 = 113.09$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Forecast Pasir Double Exponential Smoothing with Linear Trend selama 60 bulan

Tahun		Bulan	Pasir (m ³)	Ft	Ft'	Tt	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1998	1	Januari	2100	2100.00	2100.00	0.00		
	2	Februari	1470	1952.27	2065.36	-595.36	2100.00	-482.27
	3	Maret	2100	1986.91	2046.96	53.04	874.64	113.09
	4	April	1960	1980.60	2031.40	-71.40	2153.04	-20.60
	5	Mei	2100	2008.60	2026.05	73.95	1888.60	91.40
	6	Juni	2240	2062.86	2034.68	205.32	2173.95	177.14
	7	Juli	1750	1989.50	2024.09	-274.09	2445.32	-239.50
	8	Agustus	1750	1933.33	2002.81	-252.81	1475.91	-183.33
	9	September	1890	1923.17	1984.13	-94.13	1497.19	-33.17
	10	Oktober	1400	1800.49	1941.07	-541.07	1795.87	-400.49
	11	November	1400	1706.57	1886.08	-486.08	858.93	-306.57
	12	Desember	3500	2127.13	1942.61	1557.39	913.92	1372.87
1999	13	Januari	700	1792.47	1907.40	-1207.40	5057.39	-1092.47
	14	Februari	1050	1618.36	1839.62	-789.62	-507.40	-568.36
	15	Maret	2100	1731.31	1814.22	285.78	260.38	368.69
	16	April	2100	1817.76	1815.05	284.95	2385.78	282.24
	17	Mei	1750	1801.87	1811.96	-61.96	2384.95	-51.87
	18	Juni	1400	1707.63	1787.50	-387.50	1688.04	-307.63
	19	Juli	1400	1635.49	1751.85	-351.85	1012.50	-235.49
	20	Agustus	1750	1662.35	1730.86	19.14	1048.15	87.65
	21	September	2590	1879.88	1765.81	824.19	1769.14	710.12
	22	Oktober	1400	1767.35	1766.17	-366.17	3414.19	-367.35
	23	November	2100	1845.36	1784.74	315.26	1033.83	254.64
	24	Desember	1750	1822.99	1793.71	-43.71	2415.26	-72.99
2000	25	Januari	350	1477.58	1719.58	-1369.58	1706.29	-1127.58
	26	Februari	1050	1377.31	1639.31	-589.31	-1019.58	-327.31
	27	Maret	2100	1546.78	1617.62	482.38	460.69	553.22
	28	April	1400	1512.36	1592.93	-192.93	2582.38	-112.36
	29	Mei	1750	1568.09	1587.11	162.89	1207.07	181.91
	30	Juni	2450	1774.90	1631.14	818.86	1912.89	675.10
	31	Juli	2940	2048.11	1728.92	1211.08	3268.86	891.89
	32	Agustus	3150	2306.51	1864.37	1285.63	4151.08	843.49
	33	September	2940	2455.06	2002.88	937.12	4435.63	484.94
	34	Oktober	2450	2453.87	2108.64	341.36	3877.12	-3.87
	35	November	2800	2535.04	2208.63	591.37	2791.36	264.96
	36	Desember	3640	2794.15	2345.94	1294.06	3391.37	845.85

Lanjutan Tabel 5.14

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2001	37	Januari	1400	2467.22	2374.38	-974.38	4934.06	-1067.22
	38	Februari	2800	2545.26	2414.45	385.55	425.62	254.7399
	39	Maret	2450	2522.92	2439.89	10.11	3185.55	-72.9216
	40	April	1400	2259.60	2397.61	-997.61	2460.11	-859.597
	41	Mei	1540	2090.85	2325.67	-785.67	402.39	-550.851
	42	Juni	2800	2257.15	2309.60	490.40	754.33	542.8535
	43	Juli	2940	2417.28	2334.85	605.15	3290.40	522.7243
	44	Agustus	2800	2507.02	2375.23	424.77	3545.15	292.9755
	45	September	2800	2575.73	2422.24	377.76	3224.77	224.2727
	46	Oktober	3150	2710.39	2489.82	660.18	3177.76	439.6058
	47	November	3850	2977.63	2604.21	1245.79	3810.18	872.3682
	48	Desember	3500	3100.13	2720.50	779.50	5095.79	399.8729
2002	49	Januari	1400	2701.45	2716.03	-1316.03	4279.50	-1301.45
	50	Februari	1750	2478.33	2660.29	-910.29	83.97	-728.333
	51	Maret	2100	2389.61	2596.82	-496.82	839.71	-289.614
	52	April	1890	2272.45	2520.76	-630.76	1603.18	-382.454
	53	Mei	2450	2314.09	2472.29	-22.29	1259.24	135.9112
	54	Juni	2450	2345.96	2442.67	7.33	2427.71	104.04
	55	Juli	2590	2403.19	2433.41	156.59	2457.33	186.8126
	56	Agustus	2250	2367.26	2417.90	-167.90	2746.59	-117.265
	57	September	2135	2312.80	2393.25	-258.25	2082.10	-177.799
	58	Oktober	2000	2239.45	2357.19	-357.19	1876.75	-239.447
	59	November	2160	2220.82	2325.21	-165.21	1642.81	-60.8171
	60	Desember	1564	2066.79	2264.61	-700.61	1994.79	-502.793
							863.39	20354.86

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{i=1}^n |e_i|}{n} = \frac{20354.86}{60} = 339.25$$

Tabel 5.15 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian Pasir

NO	Metode Peramalan	Nilai MAD
1	Weight Moving Average	274.55
2	Exponential Smoothing with Linear Trend	387.84
3	Double Exponential Smoothing with Linear Trend	339.25

Dengan melihat hasil MAD setiap teknik metode peramalan pada Tabel 5.15, maka metode yang terpilih untuk permintaan material semen adalah *Weight Moving Average*, kerana memberikan nilai MAD terkecil dari ketiga rumus metode peramalan.

Untuk selanjutnya adalah meramalkan pemakaian material pasir dengan memakai angka pada Tabel 5.10 (kolom 6 dan baris terakhir), terdapat nilai *forecast* 1754.50, nilai ini adalah anggapan sebagai nilai peramalan bulan Januari periode 2003. Sedangkan Untuk bulan Februari sampai dengan Desember dapat dilihat pada Tabel 5.16. Langkah perhitungan sama dengan point a 5.2.2.

Tabel 5.16 Nilai peramalan pasir untuk tahun 2003

Tahun		Bulan	Pasir (m ³)	Ft	Forecast	Error
2003	1	Januari	1754.5	1659.3	1754.5	95.3
	2	Februari	1754.5	1754.5	1659.3	0.0
	3	Maret	1659.3	1706.9	1754.5	-47.6
	4	April	1754.5	1706.9	1706.9	47.6
	5	Mei	1706.9	1730.7	1706.9	-23.8
	6	Juni	1706.9	1706.9	1730.7	0.0
	7	Juli	1730.7	1718.8	1706.9	11.9
	8	Agustus	1706.9	1718.8	1718.8	-11.9
	9	September	1718.8	1712.8	1718.8	6.0
	10	Oktober	1718.8	1718.8	1712.8	0.0
	11	November	1712.8	1715.8	1718.8	-3.0
	12	Desember	1718.8	1715.8	1715.8	3.0
					$\Sigma=20604.5$	

Tabel 5.17 di bawah menunjukkan hasil peramalan untuk keseluruhan data pemakaian material yang kemudian diasumsikan sebagai laju pemakaian per bulan selama 12 bulan mendatang (tahun 2003).

Tabel 5.17 Peramalan pemakaian material Pasir

NO	Bulan	Pemakaian Material (m ³)
1	Januari	1754.5
2	Februari	1659.3
3	Maret	1754.5
4	April	1706.9
5	Mei	1706.9
6	Juni	1730.7
7	Juli	1706.9
8	Agustus	1718.8
9	September	1718.8
10	Oktober	1712.8
11	November	1718.8
12	Desember	1715.8
Perkiraan jumlah pemakaian total		20604.5
Rat-rata pemakaian		1717.045

5.2.3 Peramalan pemakaian untuk material split

- a. Contoh perhitungan menggunakan metode *Weight Moving Average* (rumus 3.3)

$$F_t = \frac{\sum A_t}{m}$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Feb})} = \frac{1800 + 1428}{2} = 1614$$

$$F_{t(\text{Mar})} = \frac{1428 + 2040}{2} = 1734$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Maret} = F_{t(\text{Feb})} = 1614$$

$$\text{Forecast April} = F_{t(\text{Mar})} = 1734$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2100 - 1785 = 315$$

$$e_{t(\text{Apr})} = 1960 - 2030 = -70$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.18.



Tabel 5.18 Forecasting Split Weight Moving Average Selama 60 bulan

Tahun		Bulan	Split (m ³)	Ft	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1998	1	Januari	1800			
	2	Februari	1428	1614		
	3	Maret	2040	1734	1614	306
	4	April	1904	1972	1734	-68
	5	Mei	2040	1972	1972	68
	6	Juni	1920	1980	1972	-60
	7	Juli	1700	1810	1980	-110
	8	Agustus	1700	1700	1810	0
	9	September	1835	1767.5	1700	67.5
	10	Oktober	1360	1597.5	1767.5	-237.5
	11	November	1360	1360	1597.5	0
	12	Desember	3400	2380	1360	1020
1999	13	Januari	680	2040	2380	-1360
	14	Februari	1020	850	2040	170
	15	Maret	2040	1530	850	510
	16	April	2040	2040	1530	0
	17	Mei	1700	1870	2040	-170
	18	Juni	1360	1530	1870	-170
	19	Juli	1360	1360	1530	0
	20	Agustus	1700	1530	1360	170
	21	September	2615	2157.5	1530	457.5
	22	Oktober	1360	1987.5	2157.5	-627.5
	23	November	2040	1700	1987.5	340
	24	Desember	1700	1870	1700	-170
2000	25	Januari	340	1020	1870	-680
	26	Februari	1020	680	1020	340
	27	Maret	2040	1530	680	510
	28	April	1360	1700	1530	-340
	29	Mei	1700	1530	1700	170
	30	Juni	2380	2040	1530	340
	31	Juli	2856	2618	2040	238
	32	Agustus	3060	2958	2618	102
	33	September	2856	2958	2958	-102
	34	Oktober	2380	2618	2958	-238
	35	November	2720	2550	2618	170
	36	Desember	3536	3128	2550	408

Lanjutan Tabel 5.18

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
2001	37	Januari	1360	2448.00	3128.00	-1088.00
	38	Februari	2720	2040.00	2448.00	680.00
	39	Maret	2380	2550.00	2040.00	-170.00
	40	April	1360	1870.00	2550.00	-510.00
	41	Mei	1496	1428.00	1870.00	68.00
	42	Juni	2720	2108.00	1428.00	612.00
	43	Juli	2856	2788.00	2108.00	68.00
	44	Agustus	2720	2788.00	2788.00	-68.00
	45	September	2720	2720.00	2788.00	0.00
	46	Oktober	3060	2890.00	2720.00	170.00
	47	November	3740	3400.00	2890.00	340.00
	48	Desember	3400	3570.00	3400.00	-170.00
2002	49	Januari	1360	2380.00	3570.00	-1020.00
	50	Februari	1700	1530.00	2380.00	170.00
	51	Maret	2040	1870.00	1530.00	170.00
	52	April	1836	1938.00	1870.00	-102.00
	53	Mei	2380	2108.00	1938.00	272.00
	54	Juni	2380	2380.00	2108.00	0.00
	55	Juli	2310	2345.00	2380.00	-35.00
	56	Agustus	2275	2292.50	2345.00	-17.50
	57	September	2360	2317.50	2292.50	42.50
	58	Oktober	1996	2178.00	2317.50	-182.00
	59	November	1768	1882.00	2178.00	-114.00
	60	Desember	1756	1762.00	1882.00	-6.00
					1762.00	13703.00

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{13703}{60} = 228.383$$

b. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Exponential*

Smoothing with Linear Trend (rumus 3.6, 3.7, 3.8, 3.9 dan 3.10).

$$F_o = A_t; T_o = 0$$

$$F_t = \alpha A_t + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

Tabel 5.19 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Split *Exponential Smoothing* with Linear Trend

Tahun (T)	Jumlah Split (Y) * 10 ⁴ (Ton)	T*Y	T ²	Y ²
1	0.22487	0.22487	1	0.050566517
2	0.21367	0.42734	4	0.045654869
3	0.20959	0.62877	9	0.043927968
4	0.20959	0.83836	16	0.043927968
5	0.21095	1.05475	25	0.044499903
Total = 15	1.06867	3.17409	55	0.228577225

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.17409 - 15 * 1.06867}{5 * 55 - 15^2} = -0.003192$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.06867 - (-0.003192 * 15)}{5} = 0.22331$$

perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 1800 \text{ dan } T_{\text{Jan}} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2231 * 1428) + ((1 - 0.2231) * (1800 + 0)) = 1717.31$$

$$T_{t(\text{Feb})} = -0.003192(1717.31 - 1800) + (1 - (-0.003192)) * 0 = 0.26$$

perhitungan Forecast

$$\text{Forecast Februari} = 720 + (1 * 0) 0 = 2100$$

$$\text{Forecast Maret} = 1717.31 + (2 * 0.26) = 1717.83$$

perhitungan *Error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1428 - 1717.31 = -289.31$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2040 - 1789.93 = 250.07$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.20.

Tabel 5.20 Forecasting Split Exponential Smoothing with Linear Trend selama 60 bulan

Tahun		Bulan	Split (m ³)	Tt	Ft	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
1998	1	Januari	1800	0.00	1800.00		
	2	Februari	1428	0.26	1717.31	1800.00	-289.31
	3	Maret	2040	0.03	1789.93	1717.83	250.07
	4	April	1904	-0.05	1815.81	1790.03	88.19
	5	Mei	2040	-0.21	1866.21	1815.61	173.79
	6	Juni	1920	-0.25	1878.45	1865.16	41.55
	7	Juli	1700	-0.12	1838.80	1876.95	-138.80
	8	Agustus	1700	-0.03	1808.10	1837.93	-108.10
	9	September	1835	-0.05	1814.46	1807.88	20.54
	10	Oktober	1360	0.28	1713.32	1814.04	-353.32
	11	November	1360	0.53	1634.99	1716.07	-274.99
	12	Desember	3400	-0.73	2029.89	1640.78	1370.11
1999	13	Januari	680	0.23	1728.30	2021.10	-1048.30
	14	Februari	1020	0.73	1570.67	1731.26	-550.67
	15	Maret	2040	0.40	1676.38	1580.92	363.62
	16	April	2040	0.14	1758.24	1682.32	281.76
	17	Mei	1700	0.18	1745.71	1760.42	-45.71
	18	Juni	1360	0.45	1660.08	1748.72	-300.08
	19	Juli	1360	0.66	1593.77	1668.19	-233.77
	20	Agustus	1700	0.59	1618.34	1606.38	81.66
	21	September	2615	-0.12	1841.70	1630.09	773.30
	22	Oktober	1360	0.22	1734.42	1839.11	-374.42
	23	November	2040	0.00	1803.20	1739.23	236.80
	24	Desember	1700	0.07	1780.53	1803.19	-80.53
2000	25	Januari	340	1.10	1459.27	1782.26	-1119.27
	26	Februari	1020	1.41	1362.34	1486.72	-342.34
	27	Maret	2040	0.93	1515.05	1399.02	524.95
	28	April	1360	1.04	1481.46	1540.10	-121.46
	29	Mei	1700	0.88	1531.38	1510.53	168.62
	30	Juni	2380	0.28	1721.89	1556.96	658.11
	31	Juli	2856	-0.53	1975.73	1730.19	880.27
	32	Agustus	3060	-1.31	2217.86	1959.21	842.14
	33	September	2856	-1.76	2359.81	2176.02	496.19
	34	Oktober	2380	-1.78	2363.44	2301.58	16.56
	35	November	2720	-2.04	2442.18	2302.86	277.82
	36	Desember	3536	-2.82	2685.37	2370.82	850.63

Lanjutan Tabel 5.20

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
2001	37	Januari	1360	-1.88	2387.77	2583.79	-1027.77
	38	Februari	2720	-2.12	2461.00	2318.19	259.00
	39	Maret	2380	-2.07	2441.78	2380.43	-61.78
	40	April	1360	-1.30	2199.12	2361.21	-839.12
	41	Mei	1496	-0.80	2041.56	2147.20	-545.56
	42	Juni	2720	-1.28	2192.87	2008.80	527.13
	43	Juli	2856	-1.76	2340.42	2138.91	515.58
	44	Agustus	2720	-2.03	2424.30	2264.75	295.70
	45	September	2720	-2.25	2489.27	2334.85	230.73
	46	Oktober	3060	-2.66	2615.49	2388.15	444.51
	47	November	3740	-3.46	2865.09	2493.27	874.91
	48	Desember	3400	-3.85	2982.45	2702.37	417.55
2002	49	Januari	1360	-2.70	2617.78	2797.76	-1257.78
	50	Februari	1700	-2.05	2411.29	2485.67	-711.29
	51	Maret	2040	-1.78	2327.29	2309.01	-287.29
	52	April	1836	-1.44	2216.68	2236.31	-380.68
	53	Mei	2380	-1.56	2252.50	2141.98	127.50
	54	Juni	2380	-1.65	2280.24	2170.06	99.76
	55	Juli	2310	-1.67	2286.08	2191.19	23.92
	56	Agustus	2275	-1.67	2282.79	2194.07	-7.79
	57	September	2360	-1.73	2299.21	2189.39	60.79
	58	Oktober	1996	-1.51	2230.65	2200.86	-234.65
	59	November	1768	-1.19	2126.63	2142.94	-358.63
	60	Desember	1756	-0.92	2043.39	2056.71	-287.39
						1988.00	23654.54

Perhitungan MAD

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |e_t|}{n} = \frac{23645.54}{60} = 412.86$$

c. Contoh perhitungan peramalan dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing with Linear Trend* (rumus 3.11, 3.12, 3.13, 3.14, 3.15 dan 3.16).

$$F_o = F'_o = A_t, \quad F_t = \alpha A_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad F'_t = \alpha F_t + (1-\alpha)F'_{t-1}, \quad T_t = A_t - F'_t,$$

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2}, \quad \alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n}$$

Tabel 5.21 Perhitungan Alfa dan Beta untuk Split *Double Exponential Smoothing with Linear Trend*

Tahun (T)	Jumlah Split (Y) * 10 ⁴ (Ton)	T*Y	T ²	Y ²
1	0.22487	0.22487	1	0.050566517
2	0.21367	0.42734	4	0.045654869
3	0.20959	0.62877	9	0.043927968
4	0.20959	0.83836	16	0.043927968
5	0.21095	1.05475	25	0.044499903
Total = 15	1.06867	3.17409	55	0.228577225

$$\beta = \frac{n \sum TY - (\sum T * \sum Y)}{n \sum T^2 - (\sum T)^2} = \frac{5 * 3.17409 - 15 * 1.06867}{5 * 55 - 15^2} = -0.003192$$

$$\alpha = \frac{\sum Y - \beta \sum T}{n} = \frac{1.06867 - (-0.003192 * 15)}{5} = 0.22331$$

Perhitungan F_t

$$F_{t(\text{Jan})} = 1800 \text{ dan } T_{t(\text{Jan})} = 0$$

$$F_{t(\text{Feb})} = (0.2231 * 1428) + ((1 - 0.2231) * (1800)) = 1717.01$$

$$F_{t(\text{Feb})}' = (0.2231 * 1717.01) + ((1 - 0.2231) * (1800)) = 1781.48$$

$$T_{t(\text{Feb})} = 1428 - 1781.48 = -353.48$$

Perhitungan *forecast*

$$\text{Forecast februari} = 1800 + 0 = 1800$$

$$\text{Forecast maret} = 1428 + (-353.48) = 1074.52$$

Perhitungan *error* (e_t)

$$e_t = \text{Aktual} - F_t$$

$$e_{t(\text{Feb})} = 1428 - 1717.01 = -289.01$$

$$e_{t(\text{Mar})} = 2040 - 1789.07 = 250.93$$

Dengan cara analogi, perhitungan untuk bulan berikutnya hasil dipresentasikan seperti pada tabel 5.22.

Tabel 5.22 Forecasting Split Double Exponential Smoothing with Linear
Trend selama 60 bulan

Tahun		Bulan	Split (m ³)	Ft	Ft'	Tt	Forecast	Error
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1998	1	Januari	1800	1800.00	1800.00	0.00		
	2	Februari	1428	1717.01	1781.48	-353.48	1800.00	-289.01
	3	Maret	2040	1789.07	1783.18	256.82	1074.52	250.93
	4	April	1904	1814.71	1790.21	113.79	2296.82	89.29
	5	Mei	2040	1864.97	1806.89	233.11	2017.79	175.03
	6	Juni	1920	1877.25	1822.59	97.41	2273.11	42.75
	7	Juli	1700	1837.70	1825.96	-125.96	2017.41	-137.70
	8	Agustus	1700	1806.98	1821.73	-121.73	1574.04	-106.98
	9	September	1835	1813.23	1819.83	15.17	1578.27	21.77
	10	Oktober	1360	1712.12	1795.80	-435.80	1850.17	-352.12
	11	November	1360	1633.56	1759.60	-399.60	924.20	-273.56
	12	Desember	3400	2027.65	1819.41	1580.59	960.40	1372.35
1999	13	Januari	680	1726.99	1798.79	-1118.79	4980.59	-1046.99
	14	Februari	1020	1569.26	1747.58	-727.58	-438.79	-549.26
	15	Maret	2040	1674.28	1731.23	308.77	292.42	365.72
	16	April	2040	1755.87	1736.73	303.27	2348.77	284.13
	17	Mei	1700	1743.41	1738.22	-38.22	2343.27	-43.41
	18	Juni	1360	1657.87	1720.29	-360.29	1661.78	-297.87
	19	Juli	1360	1591.42	1691.54	-331.54	999.71	-231.42
	20	Agustus	1700	1615.64	1674.61	25.39	1028.46	84.36
	21	September	2615	1838.60	1711.19	903.81	1725.39	776.40
	22	Oktober	1360	1731.82	1715.80	-355.80	3518.81	-371.82
	23	November	2040	1800.58	1734.71	305.29	1004.20	239.42
	24	Desember	1700	1778.14	1744.40	-44.40	2345.29	-78.14
2000	25	Januari	340	1457.29	1680.34	-1340.34	1655.60	-1117.29
	26	Februari	1020	1359.73	1608.82	-588.82	-1000.34	-339.73
	27	Maret	2040	1511.50	1587.10	452.90	431.18	528.50
	28	April	1360	1477.70	1562.70	-202.70	2492.90	-117.70
	29	Mei	1700	1527.29	1554.80	145.20	1157.30	172.71
	30	Juni	2380	1717.53	1591.10	788.90	1845.20	662.47
	31	Juli	2856	1971.53	1675.98	1180.02	3168.90	884.47
	32	Agustus	3060	2214.36	1796.09	1263.91	4036.02	845.64
	33	September	2856	2357.51	1921.34	934.66	4323.91	498.49
	34	Oktober	2380	2362.53	2019.77	360.23	3790.66	17.47
	35	November	2720	2442.28	2114.03	605.97	2740.23	277.72
	36	Desember	3536	2686.29	2241.70	1294.30	3325.97	849.71

Lanjutan Tabel 5.22

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2001	37	Januari	1360	2390.39	2274.88	-914.88	4830.30	-1030.39
	38	Februari	2720	2463.93	2317.05	402.95	445.12	256.0704
	39	Maret	2380	2445.20	2345.65	34.35	3122.95	-65.2049
	40	April	1360	2203.10	2313.84	-953.84	2414.35	-843.096
	41	Mei	1496	2045.34	2253.94	-757.94	406.16	-549.343
	42	Juni	2720	2195.86	2240.98	479.02	738.06	524.1413
	43	Juli	2856	2343.14	2263.77	592.23	3199.02	512.8638
	44	Agustus	2720	2427.21	2300.24	419.76	3448.23	292.7855
	45	September	2720	2492.53	2343.14	376.86	3139.76	227.465
	46	Oktober	3060	2619.14	2404.71	655.29	3096.86	440.8636
	47	November	3740	2869.20	2508.34	1231.66	3715.29	870.7989
	48	Desember	3400	2987.62	2615.27	784.73	4971.66	412.3777
2002	49	Januari	1360	2624.50	2617.33	-1257.33	4184.73	-1264.5
	50	Februari	1700	2418.24	2572.91	-872.91	102.67	-718.244
	51	Maret	2040	2333.86	2519.58	-479.58	827.09	-293.858
	52	April	1836	2222.79	2453.36	-617.36	1560.42	-386.786
	53	Mei	2380	2257.86	2409.75	-29.75	1218.64	122.1398
	54	Juni	2380	2285.11	2381.94	-1.94	2350.25	94.89045
	55	Juli	2310	2290.66	2361.58	-51.58	2378.06	19.33739
	56	Agustus	2275	2287.17	2344.98	-69.98	2258.42	-12.1683
	57	September	2360	2303.42	2335.70	24.30	2205.02	56.58296
	58	Oktober	1996	2234.83	2313.20	-317.20	2384.30	-238.832
	59	November	1768	2130.68	2272.48	-504.48	1678.80	-362.682
	60	Desember	1756	2047.09	2222.20	-466.20	1263.52	-291.09
							1289.80	23302.5

Perhitungan MAD

$$MAD = \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{n} = \frac{23302.5}{60} = 388.37$$

Tabel 5.23 Perbandingan fungsi peramalan pemakaian Split

NO	Metode Peramalan	Nilai MAD
1	Weight Moving Average	228.383
2	Exponential Smoothing with Linear Trend	412.86
3	Double Exponential Smoothing with Linear Trend	388.37

Dengan melihat hasil MAD setiap teknik metode peramalan pada Tabel 5.23, maka metode yang terpilih untuk permintaan material semen adalah *Weight Moving Average*, kerana memberikan nilai MAD terkecil dari ketiga rumus metode peramalan.

Untuk selanjutnya adalah meramalkan pemakaian material pasir dengan memakai angka pada Tabel 5.18 (kolom 6 dan baris terakhir) terdapat nilai *forecast* 1762.00, nilai ini adalah anggapan sebagai nilai peramalan bulan Januari periode 2003. Sedangkan untuk bulan Februari sampai dengan Desember dapat dilihat pada Tabel 5.24. Langkah perhitungan sama dengan point a 5.2.3.

Tabel 5.24 Nilai peramalan split untuk tahun 2003

Tahun		Bulan	Split (m ³)	Ft	Forecast	Error
2003	1	Januari	1762.00	1759.00	1762.00	3.00
	2	Februari	1762.00	1762.00	1759.00	0.00
	3	Maret	1759.00	1760.50	1762.00	-1.50
	4	April	1762.00	1760.50	1760.50	1.50
	5	Mei	1760.50	1761.25	1760.50	-0.75
	6	Juni	1760.50	1760.50	1761.25	0.00
	7	Juli	1761.25	1760.88	1760.50	0.38
	8	Agustus	1760.50	1760.88	1760.88	-0.38
	9	September	1760.88	1760.69	1760.88	0.19
	10	Oktober	1760.88	1760.88	1760.69	0.00
	11	November	1760.69	1760.78	1760.88	-0.09
	12	Desember	1760.88	1760.78	1760.78	0.09
					$\Sigma=21129.84$	

Tabel 5.25 di bawah menunjukkan hasil peramalan untuk keseluruhan data pemakaian material yang kemudian diasumsikan sebagai laju pemakaian per bulan selama 12 bulan mendatang (tahun 2003).

Tabel 5.25 Peramalan pemakaian material split

NO	Bulan	Pemakaian Material (m ³)
1	Januari	1762.00
2	Februari	1759.00
3	Maret	1762.00
4	April	1760.50
5	Mei	1760.50
6	Juni	1761.25
7	Juli	1760.50
8	Agustus	1760.88
9	September	1760.88
10	Oktober	1760.69
11	November	1760.88
12	Desember	1760.78
Perkiraan jumlah pemakaian total		21129.84
Rata-rata pemakaian		1760.82

5.2.4 Pemantuan akurasi hasil peramalan

Pemantauan keandalan hasil permalan yang dilakukan dengan cara memonitor kesalahan dengan menggunakan metode *tracking signal*. Data-data yang diperlukan adalah data-data kesalahan peramalan dan batas kendali yang dipakai adalah :

$$\sigma = \sqrt{MAD}, \text{ dimana BKA dan BKB} = 0 \pm z.\sigma$$

- 99% data *tracking signal* diharapkan berada dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sebesar $0 \pm 3.\sigma$.
- 95% data *tracking signal* diharapkan berada dalam batas kontrol atas dan batas kontrol bawah sebesar $0 \pm 2.\sigma$.

Pada Tugas akhir ini, pengambilan batas kontrol 99% didasarkan pada harapan agar nilai error untuk seluruh material 99% berada dalam batas kontrol sehingga hanya diperbolehkan 1% kesalahan. Perhitungan nilai *Tracking Signal* material semen diperlihatkan pada Tabel 5.26.

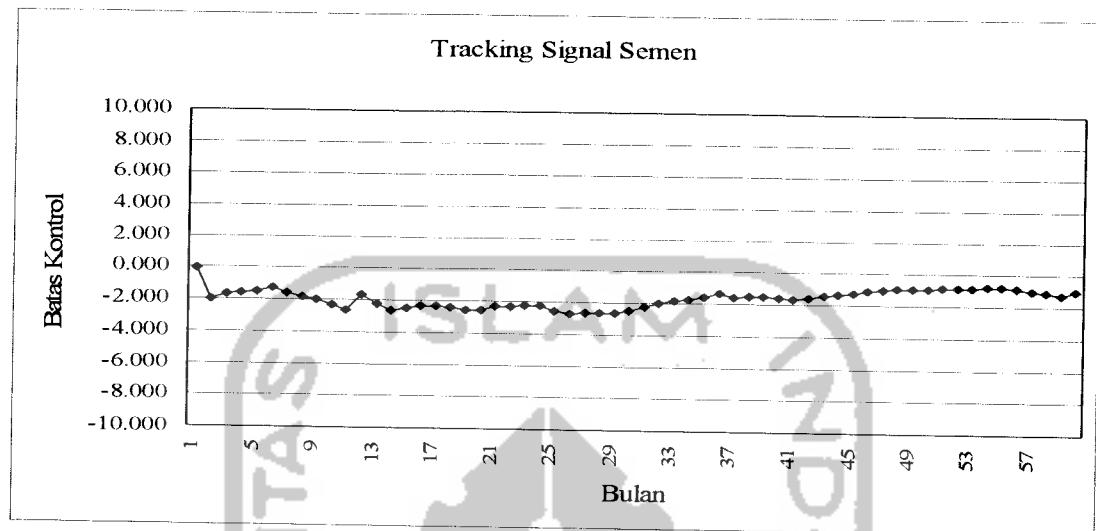
Tabel 5.26 Data Tracking Signal pemakaian Semen

Periode	Peramalan	Aktual	Error	RSFE	Error Absolute	KUM Error Absolute	MAD	Tracking Signal
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
-	-	-	[3]-[2]	kum [4]	Abs[5]	Kum [6]	[7]/[1]	[5]/[8]
1	720.00	720	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
2	506.25	504	-2.25	-2.25	2.25	2.25	1.13	-2.000
3	720.46	720	-0.46	-2.72	2.72	4.97	1.66	-1.640
4	672.62	672	-0.62	-3.33	3.33	8.30	2.08	-1.607
5	720.16	720	-0.16	-3.49	3.49	11.79	2.36	-1.480
6	767.57	768	0.43	-3.06	3.06	14.85	2.47	-1.236
7	601.20	600	-1.20	-4.26	4.26	19.10	2.73	-1.559
8	601.53	600	-1.53	-5.78	5.78	24.89	3.11	-1.859
9	649.11	648	-1.11	-6.89	6.89	31.78	3.53	-1.952
10	482.79	480	-2.79	-9.68	9.68	41.47	4.15	-2.335
11	483.15	480	-3.15	-12.83	12.83	54.30	4.94	-2.600
12	1195.75	1200	4.25	-8.58	8.58	62.89	5.24	-1.638
13	244.26	240	-4.26	-12.84	12.84	75.73	5.83	-2.204
14	364.72	360	-4.72	-17.56	17.56	93.29	6.66	-2.635
15	721.11	720	-1.11	-18.67	18.67	111.95	7.46	-2.501
16	720.41	720	-0.41	-19.08	19.08	131.03	8.19	-2.330
17	601.53	600	-1.53	-20.61	20.61	151.64	8.92	-2.310
18	483.02	480	-3.02	-23.63	23.63	175.27	9.74	-2.426
19	483.34	480	-3.34	-26.96	26.96	202.23	10.64	-2.533
20	602.19	600	-2.19	-29.15	29.15	231.38	11.57	-2.520
21	886.98	888	1.02	-28.13	28.13	259.51	12.36	-2.276
22	482.59	480	-2.59	-30.72	30.72	290.24	13.19	-2.329
23	720.83	720	-0.83	-31.55	31.55	321.79	13.99	-2.255
24	601.74	600	-1.74	-33.29	33.29	355.08	14.80	-2.250
25	126.94	120	-6.94	-40.23	40.23	395.32	15.81	-2.544
26	365.53	360	-5.53	-45.77	45.77	441.08	16.96	-2.698
27	721.56	720	-1.56	-47.33	47.33	488.41	18.09	-2.616
28	483.30	480	-3.30	-50.63	50.63	539.04	19.25	-2.630
29	602.42	600	-2.42	-53.05	53.05	592.09	20.42	-2.598
30	839.78	840	0.22	-52.83	52.83	644.91	21.50	-2.457

Lanjutan Tabel 5.26

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
31	1005.51	1008	2.49	-50.33	50.33	695.25	22.43	-2.244
32	1076.28	1080	3.72	-46.62	46.62	741.87	23.18	-2.011
33	1004.76	1008	3.24	-43.38	43.38	785.24	23.80	-1.823
34	838.57	840	1.43	-41.94	41.94	827.19	24.33	-1.724
35	957.66	960	2.34	-39.60	39.60	866.78	24.77	-1.599
36	1242.45	1248	5.55	-34.05	34.05	900.83	25.02	-1.361
37	54.27	48	-6.27	-40.32	40.32	941.15	25.44	-1.585
38	959.15	960	0.85	-39.47	39.47	980.61	25.81	-1.529
39	838.99	840	1.01	-38.46	38.46	1019.07	26.13	-1.472
40	482.70	480	-2.70	-41.16	41.16	1060.24	26.51	-1.553
41	530.96	528	-2.96	-44.12	44.12	1104.36	26.94	-1.638
42	978.33	980	1.67	-42.45	42.45	1146.81	27.31	-1.555
43	1005.11	1008	2.89	-39.57	39.57	1186.38	27.59	-1.434
44	957.35	960	2.65	-36.91	36.91	1223.29	27.80	-1.328
45	957.36	960	2.64	-34.28	34.28	1257.57	27.95	-1.227
46	1004.84	1008	3.16	-31.12	31.12	1288.69	28.01	-1.111
47	947.31	950	2.69	-28.43	28.43	1317.11	28.02	-1.014
48	942.42	945	2.58	-25.85	25.85	1342.96	27.98	-0.924
49	779.14	780	0.86	-24.99	24.99	1367.95	27.92	-0.895
50	660.72	660	-0.72	-25.71	25.71	1393.66	27.87	-0.922
51	849.05	850	0.95	-24.76	24.76	1418.42	27.81	-0.890
52	862.57	864	1.43	-23.33	23.33	1441.75	27.73	-0.842
53	767.46	768	0.54	-22.79	22.79	1464.54	27.63	-0.825
54	838.88	840	1.12	-21.68	21.68	1486.22	27.52	-0.788
55	749.69	750	0.31	-21.37	21.37	1507.59	27.41	-0.780
56	565.79	564	-1.79	-23.16	23.16	1530.75	27.33	-0.847
57	448.46	445	-3.46	-26.62	26.62	1557.37	27.32	-0.974
58	544.81	542	-2.81	-29.43	29.43	1586.79	27.36	-1.076
59	331.95	327	-4.95	-34.38	34.38	1621.17	27.48	-1.251
60	85.79	92	6.21	-28.17	28.17	1649.34	27.49	-1.025

Nilai-nilai tracking signal di atas apabila diplotkan dalam peta kontrol akan tampak seperti Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Hasil plot kontrol tracking signal

Untuk memenuhi batas kontrol atas dan bawah, yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD} = \sqrt{36.711} = 6.058$$

$$BKA = 0 + 3 * 6.058 = 18.177$$

$$BKB = 0 - 3 * 6.058 = -18.177$$

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semua data *tracking signal* berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan metode *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk meramalkan pemakaian material bahan baku dianggap layak.

Setelah melalui peramalan, maka didapat jumlah material semen yang sekurang-kurangnya harus tersedia untuk mengatasi permintaan dari konsumen, yaitu sebesar 948.88 Ton.

Selanjutnya, untuk *tracig signal* data-data pemakaian material pasir dapat dilihat pada Tabel 5.27.

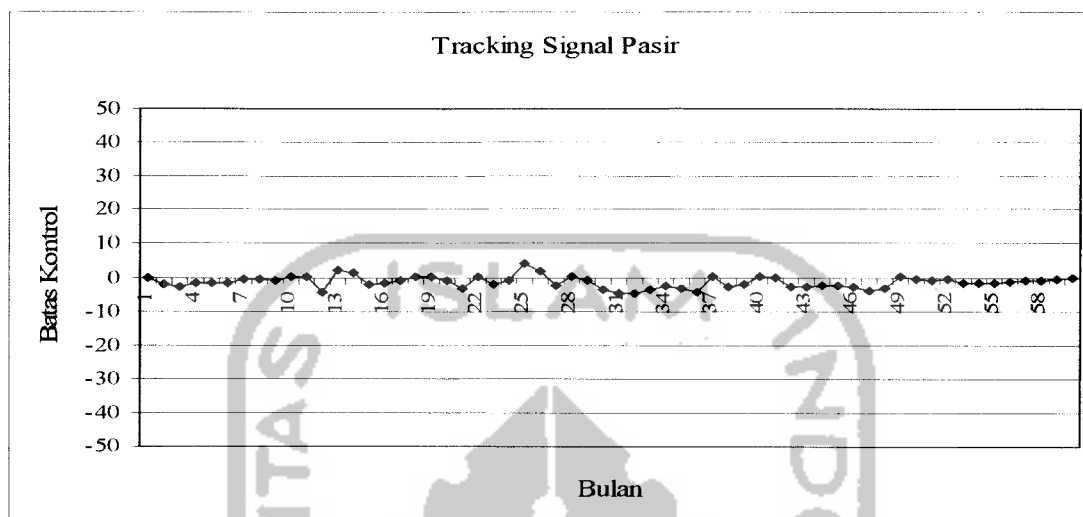
Tabel 5.27 Data Tracking Signal pemakaian Pasir

Periode	Peramalan	Aktual	Error	RSFE	Error Absolute	KUM Error Absolute	MAD	Tracking Signal
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
-	-	-	[3]-[2]	kum [4]	Abs[5]	Kum [6]	[7]/[1]	[5]/[8]
1	2100.00	2100	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00000
2	1785.00	1470	-315.00	-315.00	315.00	315.00	157.50	-2.00000
3	1785.00	2100	315.00	0.00	0.00	315.00	105.00	0.00000
4	2030.00	1960	-70.00	-70.00	70.00	385.00	96.25	-0.72727
5	2030.00	2100	70.00	0.00	0.00	385.00	77.00	0.00000
6	2170.00	2240	70.00	70.00	70.00	455.00	75.83	0.92308
7	1995.00	1750	-245.00	-175.00	175.00	630.00	90.00	-1.94444
8	1750.00	1750	0.00	-175.00	175.00	805.00	100.63	-1.73913
9	1820.00	1890	70.00	-105.00	105.00	910.00	101.11	-1.03846
10	1645.00	1400	-245.00	-350.00	350.00	1260.00	126.00	-2.77778
11	1400.00	1400	0.00	-350.00	350.00	1610.00	146.36	-2.39130
12	2450.00	3500	1050.00	700.00	700.00	2310.00	192.50	3.63636
13	2100.00	700	-1400.00	-700.00	700.00	3010.00	231.54	-3.02326
14	875.00	1050	175.00	-525.00	525.00	3535.00	252.50	-2.07921
15	1575.00	2100	525.00	0.00	0.00	3535.00	235.67	0.00000
16	2100.00	2100	0.00	0.00	0.00	3535.00	220.94	0.00000
17	1925.00	1750	-175.00	-175.00	175.00	3710.00	218.24	-0.80189
18	1575.00	1400	-175.00	-350.00	350.00	4060.00	225.56	-1.55172
19	1400.00	1400	0.00	-350.00	350.00	4410.00	232.11	-1.50794
20	1575.00	1750	175.00	-175.00	175.00	4585.00	229.25	-0.76336
21	2170.00	2590	420.00	245.00	245.00	4830.00	230.00	1.06522
22	1995.00	1400	-595.00	-350.00	350.00	5180.00	235.45	-1.48649
23	1750.00	2100	350.00	0.00	0.00	5180.00	225.22	0.00000
24	1925.00	1750	-175.00	-175.00	175.00	5355.00	223.13	-0.78431
25	1050.00	350	-700.00	-875.00	875.00	6230.00	249.20	-3.51124
26	700.00	1050	350.00	-525.00	525.00	6755.00	259.81	-2.02073
27	1575.00	2100	525.00	0.00	0.00	6755.00	250.19	0.00000
28	1750.00	1400	-350.00	-350.00	350.00	7105.00	253.75	-1.37931
29	1575.00	1750	175.00	-175.00	175.00	7280.00	251.03	-0.69712
30	2100.00	2450	350.00	175.00	175.00	7455.00	248.50	0.70423

Lanjutan Tabel 5.27

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
31	2695.00	2940	245.00	420.00	420.00	7875.00	254.03	1.65333
32	3045.00	3150	105.00	525.00	525.00	8400.00	262.50	2.00000
33	3045.00	2940	-105.00	420.00	420.00	8820.00	267.27	1.57143
34	2695.00	2450	-245.00	175.00	175.00	8995.00	264.56	0.66148
35	2625.00	2800	175.00	350.00	350.00	9345.00	267.00	1.31086
36	3220.00	3640	420.00	770.00	770.00	10115.00	280.97	2.74048
37	2520.00	1400	-1120.00	-350.00	350.00	10465.00	282.84	-1.23746
38	2100.00	2800	700.00	350.00	350.00	10815.00	284.61	1.22977
39	2625.00	2450	-175.00	175.00	175.00	10990.00	281.79	0.62102
40	1925.00	1400	-525.00	-350.00	350.00	11340.00	283.50	-1.23457
41	1470.00	1540	70.00	-280.00	280.00	11620.00	283.41	-0.98795
42	2170.00	2800	630.00	350.00	350.00	11970.00	285.00	1.22807
43	2870.00	2940	70.00	420.00	420.00	12390.00	288.14	1.45763
44	2870.00	2800	-70.00	350.00	350.00	12740.00	289.55	1.20879
45	2800.00	2800	0.00	350.00	350.00	13090.00	290.89	1.20321
46	2975.00	3150	175.00	525.00	525.00	13615.00	295.98	1.77378
47	3500.00	3850	350.00	875.00	875.00	14490.00	308.30	2.83816
48	3675.00	3500	-175.00	700.00	700.00	15190.00	316.46	2.21198
49	2450.00	1400	-1050.00	-350.00	350.00	15540.00	317.14	-1.10360
50	1575.00	1750	175.00	-175.00	175.00	15715.00	314.30	-0.55679
51	1925.00	2100	175.00	0.00	0.00	15715.00	308.14	0.00000
52	1995.00	1890	-105.00	-105.00	105.00	15820.00	304.23	-0.34513
53	2170.00	2450	280.00	175.00	175.00	15995.00	301.79	0.57987
54	2450.00	2450	0.00	175.00	175.00	16170.00	299.44	0.58442
55	2520.00	2590	70.00	245.00	245.00	16415.00	298.45	0.82090
56	2420.00	2250	-170.00	75.00	75.00	16490.00	294.46	0.25470
57	2192.50	2135	-57.50	17.50	17.50	16507.50	289.61	0.06043
58	2067.50	2000	-67.50	-50.00	50.00	16557.50	285.47	-0.17515
59	1972.50	1945	-27.50	-77.50	77.50	16635.00	281.95	-0.27487
60	1754.50	1564	-190.50	-268.00	268.00	16903.00	281.72	-0.95131

Nilai-nilai tracking signal di atas apabila diplotkan dalam peta kontrol akan tampak seperti Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Hasil plot kontrol tracking signal

Untuk memenuhi batas kontrol atas dan bawah, yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD} = \sqrt{274.55} = 16.58$$

$$BKA = 0 + 3 * 16.58 = 49.71$$

$$BKB = 0 - 3 * 16.58 = -49.71$$

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semua data *tracking signal* berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan metode *Weight Moving Average* untuk meramalkan pemakaian material bahan baku dianggap layak.

Setelah melalui peramalan, maka didapat jumlah material pasir yang sekurang-kurangnya harus tersedia untuk mengatasi permintaan dari konsumen, yaitu sebesar 20604.5 m³.

Selanjutnya, untuk *tracig signal* data-data pemakaian material split dapat dilihat pada Tabel 5.28.

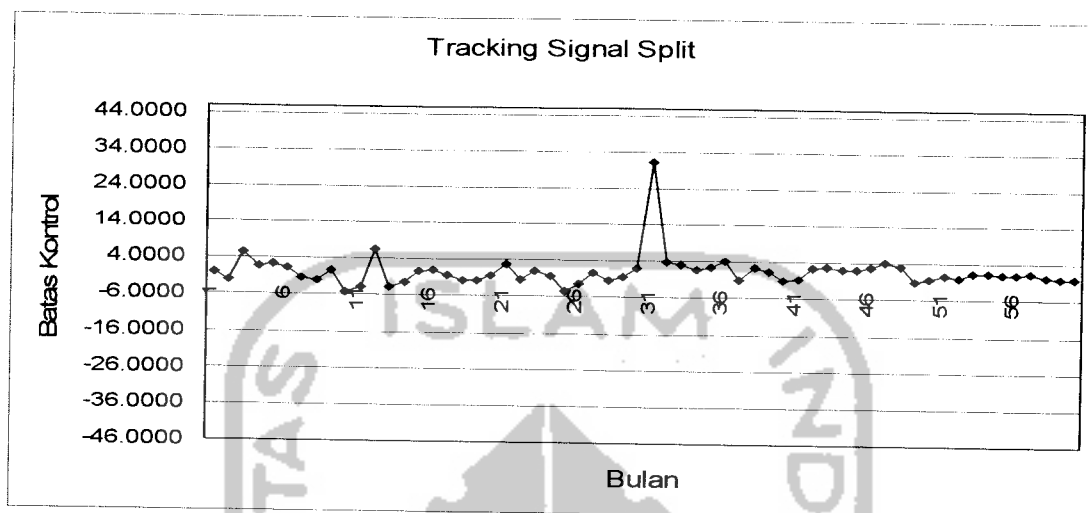
Tabel 5.28 Data Tracking Signal pemakaian Split

Periode	Peramalan	Aktual	Error	RSFE	Error Absolute	KUM Error Absolute	MAD	Tracking Signal
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
-	-	-	[3]-[2]	kum [4]	Abs[5]	Kum [6]	[7]/[1]	[5]/[8]
1	1800.00	1800	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.0000
2	1614.00	1428	-186.00	-186.00	186.00	186.00	93.0000	-2.0000
3	1734.00	2040	306.00	120.00	-120.00	66.00	22.0000	5.4545
4	1972.00	1904	-68.00	52.00	52.00	118.00	29.5000	1.7627
5	1972.00	2040	68.00	120.00	120.00	238.00	47.6000	2.5210
6	1980.00	1920	-60.00	60.00	60.00	298.00	49.6667	1.2081
7	1810.00	1700	-110.00	-50.00	-50.00	248.00	35.4286	-1.4113
8	1700.00	1700	0.00	-50.00	-50.00	198.00	24.7500	-2.0202
9	1767.50	1835	67.50	17.50	17.50	215.50	23.9444	0.7309
10	1597.50	1360	-237.50	-220.00	220.00	435.50	43.5500	-5.0517
11	1360.00	1360	0.00	-220.00	220.00	655.50	59.5909	-3.6918
12	2380.00	3400	1020.00	800.00	800.00	1455.50	121.2917	6.5957
13	2040.00	680	-1360.00	-560.00	560.00	2015.50	155.0385	-3.6120
14	850.00	1020	170.00	-390.00	390.00	2405.50	171.8214	-2.2698
15	1530.00	2040	510.00	120.00	-120.00	2285.50	152.3667	0.7876
16	2040.00	2040	0.00	120.00	-120.00	2165.50	135.3438	0.8866
17	1870.00	1700	-170.00	-50.00	50.00	2215.50	130.3235	-0.3837
18	1530.00	1360	-170.00	-220.00	220.00	2435.50	135.3056	-1.6259
19	1360.00	1360	0.00	-220.00	220.00	2655.50	139.7632	-1.5741
20	1530.00	1700	170.00	-50.00	50.00	2705.50	135.2750	-0.3696
21	2157.50	2615	457.50	407.50	407.50	3113.00	148.2381	2.7490
22	1987.50	1360	-627.50	-220.00	220.00	3333.00	151.5000	-1.4521
23	1700.00	2040	340.00	120.00	-120.00	3213.00	139.6957	0.8590
24	1870.00	1700	-170.00	-50.00	50.00	3263.00	135.9583	-0.3678
25	1020.00	340	-680.00	-730.00	730.00	3993.00	159.7200	-4.5705
26	680.00	1020	340.00	-390.00	390.00	4383.00	168.5769	-2.3135
27	1530.00	2040	510.00	120.00	-120.00	4263.00	157.8889	0.7600
28	1700.00	1360	-340.00	-220.00	220.00	4483.00	160.1071	-1.3741
29	1530.00	1700	170.00	-50.00	50.00	4533.00	156.3103	-0.3199
30	2040.00	2380	340.00	290.00	-290.00	4243.00	141.4333	2.0504

Lanjutan Tabel 5.28

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
31	2618.00	2856	238.00	528.00	528.00	4771.00	16.9200	31.2057
32	2958.00	3060	102.00	630.00	630.00	5401.00	168.7813	3.7326
33	2958.00	2856	-102.00	528.00	528.00	5929.00	179.6667	2.9388
34	2618.00	2380	-238.00	290.00	290.00	6219.00	182.9118	1.5855
35	2550.00	2720	170.00	460.00	460.00	6679.00	190.8286	2.4105
36	3128.00	3536	408.00	868.00	868.00	7547.00	209.6389	4.1405
37	2448.00	1360	-1088.00	-220.00	-220.00	7327.00	198.0270	-1.1110
38	2040.00	2720	680.00	460.00	460.00	7787.00	204.9211	2.2448
39	2550.00	2380	-170.00	290.00	290.00	8077.00	207.1026	1.4003
40	1870.00	1360	-510.00	-220.00	-220.00	7857.00	196.4250	-1.1200
41	1428.00	1496	68.00	-152.00	-152.00	7705.00	187.9268	-0.8088
42	2108.00	2720	612.00	460.00	460.00	8165.00	194.4048	2.3662
43	2788.00	2856	68.00	528.00	528.00	8693.00	202.1628	2.6118
44	2788.00	2720	-68.00	460.00	460.00	9153.00	208.0227	2.2113
45	2720.00	2720	0.00	460.00	460.00	9613.00	213.6222	2.1533
46	2890.00	3060	170.00	630.00	630.00	10243.00	222.6739	2.8292
47	3400.00	3740	340.00	970.00	970.00	11213.00	238.5745	4.0658
48	3570.00	3400	-170.00	800.00	800.00	12013.00	250.2708	3.1965
49	2380.00	1360	-1020.00	-220.00	-220.00	11793.00	240.6735	-0.9141
50	1530.00	1700	170.00	-50.00	-50.00	11743.00	234.8600	-0.2129
51	1870.00	2040	170.00	120.00	120.00	11863.00	232.6078	0.5159
52	1938.00	1836	-102.00	18.00	18.00	11881.00	228.4808	0.0788
53	2108.00	2380	272.00	290.00	290.00	12171.00	229.6415	1.2628
54	2380.00	2380	0.00	290.00	290.00	12461.00	230.7593	1.2567
55	2345.00	2310	-35.00	255.00	255.00	12716.00	231.2000	1.1029
56	2292.50	2275	-17.50	237.50	237.50	12953.50	231.3125	1.0267
57	2317.50	2360	42.50	280.00	280.00	13233.50	232.1667	1.2060
58	2178.00	1996	-182.00	98.00	98.00	13331.50	229.8534	0.4264
59	1882.00	1768	-114.00	-16.00	-16.00	13315.50	225.6864	-0.0709
60	1762.00	1756	-6.00	-22.00	-22.00	13293.50	221.5583	-0.0993

Nilai-nilai tracking signal di atas apabila diplotkan dalam peta kontrol akan tampak seperti Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Hasil plot kontrol tracking signal

Untuk memenuhi batas kontrol atas dan bawah, yaitu :

$$\sigma = \sqrt{MAD} = \sqrt{228.38} = 15.112$$

$$BKA = 0 + 3 * 15.112 = 45.336$$

$$BKB = 0 - 3 * 15.112 = -45.336$$

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semua data *tracking signal* berada di dalam batas kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa penggunaan metode *Exponential Smoothing with Linear Trend* untuk meramalkan pemakaian material bahan baku dianggap layak.

Setelah melalui peramalan, maka didapat jumlah material pasir yang sekurang-kurangnya harus tersedia untuk mengatasi permintaan dari konsumen, yaitu sebesar 21129.84 m³.

5.3 Analisis Biaya Satuan Persediaan

5.3.1 Kapasitas tempat penyimpanan

Kapasitas gudang atau tempat penyimpanan maksimum dari masing-masing material yang ditinjau adalah :

- a. Semen : $4 * 50 \text{ Ton} = 200 \text{ Ton}$
- b. Pasir : 2500 m^3
- c. Split : 2500 m^3

5.3.2 Biaya pembelian

Biaya pembelian material menurut harga kontrak yang berlaku pada saat analisis pola persediaan ini disusun, antara pihak perusahaan beton jadi dengan pemasok adalah :

- a. Semen : Rp.592/Kg atau Rp. 23700/Zak
- b. Pasir : Rp 32.000/m³
- c. Split : Rp 47.500/m³

5.3.3 Biaya pemesanan

Biaya pemesanan (Km) termasuk didalamnya biaya untuk menghubungi, angkutan dan tenaga, selama proses pengangkutan samapai tiba di tempat.

- a. Semen : Rp.10.000/pemesanan
- b. Pasir : Rp 10.000/ pemesanan
- c. Split : Rp 13.000/ pemesanan

5.3.4 Biaya penyimpanan

Diasumsikan bahwa bunga yang berlaku selama pengendalian adalah sebesar 1 %/bulan untuk semen dan 3%/bulan untuk pasir dan split dari harga pembelian.

Maka perhitungan biaya penyimpanan selama waktu pengendalian adalah :

a. Semen : $1\% \times \text{Rp}23.700/\text{Zak} \times 12 = \text{Rp} 2.841,6/\text{Zak}$

b. Pasir : $3\% \times \text{Rp} 32.000/\text{m}^3 \times 12 = \text{Rp} 11.520/\text{m}^3$

c. Split : $3\% \times \text{Rp} 47.500/\text{m}^3 \times 12 = \text{Rp} 17.100/\text{m}^3$

5.4 Penentuan Jumlah Pesanan Optimal

5.4.1 Semen

a. $K_m = \text{Rp} 10.000/1$ kali pemesanan

b. $H_m = \text{Rp} 2.841,6/\text{Zak}$

c. $n = 12$

d. $\mu_m = 79,0732$ Ton

Maka : $y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * K_m * (\mu_m * n)}{H_m}}$

$$y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * 10.000 * (79.0732 * 12)}{2.841,6}} = 81,722 \text{ Ton}$$

5.4.2 Pasir

a. $K_m = \text{Rp} 10.000/1$ kali pemesanan

b. $H_m = \text{Rp} 11.520/\text{m}^3$

c. $n = 12$

d. $\mu_m = 1.717,045 \text{ m}^3$

$$\text{Maka : } y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * Km * (\mu_m * n)}{Hm}}$$

$$y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * 10.000 * (1.717,045 * 12)}{11.520}} = 189,134 \text{ m}^3$$

5.4.3 Split

a. Km= Rp 13.000/1 kali pemesanan

b. Hm= Rp 17.100/Kg

c. n = 12

d. $\mu_m = 1.760,82 \text{ m}^3$

$$\text{Maka : } y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * Km * (\mu_m * n)}{Hm}}$$

$$y_{opt} = \sqrt{\frac{2 * 13.000 * (1.760,82 * 12)}{17.100}} = 179,24 \text{ m}^3$$

5.5 Penentuan Cadangan Penyangga

Untuk material semen mempunyai *lead time* (waktu tunggu) sebesar 3 hari. Karena waktu pengendalian dihitung dalam satuan waktu bulan, maka *lead time* semen sebesar 3/30, sedangkan untuk material agregat mempunyai *lead time* sebesar 3 hari atau 3/30 (data dari PT Adhi Karya, Semarang).

5.5.1 Perhitungan standar deviasi

a. Semen

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N}} = 31,87402$$

b. Pasir

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N}} = 686,899$$

c. Split

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}}{N}} = 704,328$$

Untuk perhitungan standar deviasi dapat dilihat pada lampiran 2. (sumber rumus *The Civil Engineering Handbook by W.F.Chen*)

5.5.2 Perhitungan cadangan penyangga (*buffer stock*)

1. **Alternatif 1** (Dengan tingkat layanan (*service level*) diambil 95 %)

maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$S = \phi^{-1}(1 - \alpha) = \phi^{-1}(1 - 0,05) = \phi^{-1}(0,95)$$

dari tabel uji normal distribusi t dengan $\alpha = 0,05$ dan jumlah data (n) = 60 maka diperoleh $S = 1,645$

Cadangan penyangga dengan menggunakan rumus (3.22) adalah $B_m = \mu_m + 1,645 * \sigma_m - \mu_m L$, sehingga diperoleh cadangan penyangga material material :

a. Semen = $B_m = 79,0732 + 1,645 * 31,87402 - 3 * 79,07362 / 30 = 123,593$ Ton

b. Pasir = $B_m = 1.717,045 + 1,645 * 686,899 - 3 * 1.717,045 / 30 = 2.675,289$ m³

c. Split = $B_m = 1.760,82 + 1,645 * 707,328 - 3 * 1.760,82 / 30 = 2.748,293$ m³

Kapasitas maksimum gudang \geq Jumlah pesanan optimum + Cadangan penyangga.

- a. Semen
1. Gudang = 200 ton
 2. Pesanan optimum = 81,722 Ton
 3. Cadangan penyangga = 123,593 Ton
 4. Jumlah sediaan total = 81,722 Ton + 123,593 Ton = 205,315 Ton

- b. Pasir
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 189,134 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.675,289 m³
 4. Jumlah sediaan total = 189,134 m³ + 2.678,289 m³ = 2.864,423 m³

- c. Split
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 179,24 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.748,293 m³
 4. Jumlah sediaan total = 179,24 m³ + 2.748,293 m³ = 2.927,533 m³

$$3. \text{ Cadangan penyangga} = 2.425,945 \text{ m}^3$$

$$4. \text{ Jumlah sediaan total} = 189,134 \text{ m}^3 + 2.425,945 \text{ m}^3 = 2.615,029 \text{ m}^3$$

c. Split

$$1. \text{ Gudang} = 2.500 \text{ m}^3$$

$$2. \text{ Pesanan optimum} = 179,24 \text{ m}^3$$

$$3. \text{ Cadangan penyangga} = 2.491,532 \text{ m}^3$$

$$4. \text{ Jumlah sediaan total} = 179,24 \text{ m}^3 + 2.491,532 \text{ m}^3 = 2.927,533 \text{ m}^3$$

Tabel 5.30 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

Material	Rata-Rata	CP	Jml OPT	CP + OPT	Gudang	Check
Semen	79,0732 Ton	112,024 Ton	81,722 Ton	193,746 Ton	200 Ton	Ya
Pasir	1717,045 m ³	2425,945 m ³	189,134 m ³	2615,029 m ³	2.500 m ³	Tidak
Split	1760,82 m ³	2491,532 m ³	179,24m ³	2927,533 m ³	2.500 m ³	Tidak

3. Alternatif 3 (Dengan tingkat layanan (*service level*) diambil 85 %)

maka perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$S = \phi^{-1}(1 - \alpha) = \phi^{-1}(1 - 0,15) = \phi^{-1}(0,85)$$

dari tabel uji normal distribusi t dengan $\alpha = 0,15$ dan jumlah data (n) = 60 maka diperoleh $S = 1,036$

Cadangan penyangga dengan menggunakan rumus (3.22) adalah

$B_m = \mu_m + 1,036 * \sigma_m - \mu_m L$, sehingga diperoleh cadangan penyangga material

material :

$$a. \text{ Semen} = B_m = 79,0732 + 1,036 * 31,87402 - 3 * 79,07362 / 30 = 107,141 \text{ Ton}$$

$$b. \text{ Pasir} = B_m = 1.717,045 + 1,036 * 686,899 - 3 * 1.717,045 / 30 = 2.290,677 \text{ m}^3$$

$$c. \text{ Split} = B_m = 1.760,82 + 1,036 * 707,328 - 3 * 1.760,82 / 30 = 2.315,484 \text{ m}^3$$

Kapasitas maksimum gudang \geq Jumlah pesanan optimum + Cadangan penyangga.

- a. Semen
1. Gudang = 200 ton
 2. Pesanan optimum = 79,0732 Ton
 3. Cadangan penyangga = 107,141 Ton
 4. Jumlah sediaan total = 81,722 Ton + 107,141 Ton = 192,261 Ton
- b. Pasir
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 189,134 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.290,677 m³
 4. Jumlah sediaan total = 189,134 m³ + 2.290,677 m³ = 2.481,863 m³
- c. Split
1. Gudang = 2.500 m³
 2. Pesanan optimum = 179,24 m³
 3. Cadangan penyangga = 2.315,484 m³
 4. Jumlah sediaan total = 179,24 m³ + 2315,484 m³ = 2491,303 m³

Tabel 5.31 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

Material	Rata-Rata	CP	Jml OPT	CP + OPT	Gudang	Check
Semen	79,0732 Ton	107,141 Ton	81,722 Ton	192,261 Ton	200 Ton	Ya
Pasir	1717,045 m ³	2290,677 m ³	189,134 m ³	2481,863 m ³	2.500 m ³	Ya
Split	1760,82 m ³	2315,484 m ³	179,24m ³	2491,303 m ³	2.500 m ³	Ya

5.6 Penentuan Titik Pemesanan Kembali (*Reorder Point*)

5.6.1 Semen

- a. Cadangan penyangga = 107,141 Ton
- b. Waktu tunggu (LT) = 3 hari
- c. Rata-rata kebutuhan = 79,0732 Ton
- d. Waktu pengendalian (n) = 12 bulan
- e. Pesanan optimum = 81,722 Ton

$$\begin{aligned}
 \text{f. Pemesanan kembali} \quad RP &= B_m + \frac{(\mu_m * n) * LT}{n * 30} \\
 &= 107,141 + \frac{79,0732 * 12 * 3}{12 * 30} = 115,048 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5.6.2 Pasir

$$\begin{aligned}
 \text{a. Cadangan penyangga} &= 2.290,677 \text{ m}^3 \\
 \text{b. Waktu tunggu (LT)} &= 3 \text{ hari} \\
 \text{c. Rata-rata kebutuhan} &= 1717,045 \text{ m}^3 \\
 \text{d. Waktu pengendalian (n)} &= 12 \text{ bulan} \\
 \text{e. Pesanan optimum} &= 189,134 \text{ m}^3 \\
 \text{f. Pemesanan kembali} \quad RP &= B_m + \frac{(\mu_m * n) * LT}{n * 30} \\
 &= 2.290,677 + \frac{1.717,045 * 12 * 3}{12 * 30} = 2.462,382 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

5.6.3 Split

$$\begin{aligned}
 \text{a. Cadangan penyangga} &= 2.315,484 \text{ m}^3 \\
 \text{b. Waktu tunggu (LT)} &= 3 \text{ hari} \\
 \text{c. Rata-rata kebutuhan} &= 1.760,82 \text{ m}^3 \\
 \text{d. Waktu pengendalian (n)} &= 12 \text{ bulan} \\
 \text{e. Pesanan optimum} &= 179,24 \text{ m}^3 \\
 \text{f. Pemesanan kembali} \quad RP &= B_m + \frac{(\mu_m * n) * LT}{n * 30} \\
 &= 2.315,484 + \frac{1.760,82 * 12 * 3}{12 * 30} = 2.491,066 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

5.7 Siklus Pemesanan Kembali

Dengan menggunakan rumus (3.24) adalah $N = \frac{\mu_m * n - B_m}{Y_{optimum}}$ kali/tahun

5.7.1 Siklus semen

$$N = \frac{79,0732 * 12 - 107,141}{81,722} = 10,30 \approx 11 \text{ kali}$$

5.7.2 Siklus pasir

$$N = \frac{1.717,045 * 12 - 2.290,677}{189,134} = 93,83 \approx 97 \text{ kali}$$

5.7.3 Siklus split

$$N = \frac{1.760,82 * 12 - 2.2315,484}{179,24} = 104,96 \approx 105 \text{ kali}$$

5.8 Penentuan Biaya Persediaan Total

Penentuan biaya persediaan total didasarkan pada akumulasi dari biaya-biaya pemesanan material dengan biaya penyimpanan, rumus seperti di bawah ini:

$$\text{Biaya persediaan total (TIC)} = \text{Biaya pemesanan total} + \text{Biaya penyimpanan total}$$

5.8.1 Biaya persediaan total material semen

a. Biaya pemesanan = Rp 10.000/pemesanan

b. Biaya penyimpanan = Rp 2.841,6/Zak/tahun

$$TIC = (11 * 10.000) + \left(\frac{81,722}{3} * 2.841,6\right) = Rp.187.407,078$$

5.8.2 Biaya persediaan total material pasir

a. Biaya pemesanan = Rp 10.000/pemesanan

b. Biaya penyimpanan= Rp 11.520/m³/tahun

$$TIC = (97 * 10.000) + \left(\frac{189,134}{3} * 11.520\right) = Rp.1.696.274,56$$

5.8.3 Biaya persediaan total material split

a. Biaya pemesanan = Rp 13.000/pemesanan

b. Biaya penyimpanan= Rp 17.100/m³/tahun

$$TIC = (105 * 13.000) + \left(\frac{179,24}{3} * 17.100\right) = Rp.2.386.668$$

Tabel 5.32 Biaya Persediaan total terhadap siklus

Material	Siklus (kali)	Jumlah Pesanan	Biaya Persediaan
Semen	11	81,722 Ton	Rp. 187.407,078
Pasir	97	189,134 m ³	Rp. 1.696.274,56
Split	105	179,24 m ³	Rp. 2.386.668

5.9 Perbandingan Alternatif Lead Time

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.3 sampai dengan 5.7), penulis mencoba memberikan alternatif perbandingan agar diperoleh biaya produksi beton jadi yang paling ekonomis dengan menggunakan *lead time* sebesar 1 hari, 6 hari dan 9 hari untuk masing-masing material.

5.9.1 Lead Time 1 Hari

Tabel 5.33 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
1	Semen	79,0732	128,8702	81,772	210,6422	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.790,151	189,134	2.979,285		2.500
	Split	1.760,82	2.865,681	179,24	3.044,921	2.500	Tidak

Tabel 5.34 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
1	Semen	79,0732	117,2999	81,772	199,0719	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.540,806	189,134	2.729,94	2.500	Tidak
	Split	1.760,82	2.608,92	179,24	2.788,16	2.500	Tidak

Tabel 5.35 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
1	Semen	79,0732	109,4589	81,772	191,2309	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.371,829	189,134	2.560,963	2.500	Tidak
	Split	1.760,82	2.434,918	179,24	2.614,158	2.500	Tidak

Pada *lead time* 1 hari, dengan tingkat layanan sampai dengan 85% ternyata *check* jumlah persediaan (CP+OPT) terhadap gudang untuk material pasir dan split masih belum dapat terpenuhi sehingga penulis tidak melanjutkan perhitungan biaya total persediaan menggunakan *lead time* 1 hari.

5.9.2 *Lead Time* 6 hari

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.3 sampai dengan 5.7), maka dapat dilihat pada Tabel 5.36, 5.37, dan 5.38 hasil *check* jumlah persediaan total terhadap gudang.

Tabel 5.36 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
6	Semen	79,0732	115,6913	81,772	197,4633	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.503,909	189,134	2.693,043	2.500	Tidak
	Split	1.760,82	2.538,605	179,24	2.717,845	2.500	Tidak

Tabel 5.37 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
6	Semen	79.,732	104,1211	81,772	185,8931	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.254,565	189,134	2.443,699	2.500	Ya
	Split	1.760,82	2.289,261	179,24	2.468,501	2.500	Ya

Tabel 5.38 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
6	Semen	79,0732	96,28004	81,772	178,052	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.085,587	189,134	2.274,721	2.500	Ya
	Split	1.760,82	2.120,283	179,24	2.299,523	2.500	Ya

Pada *lead time* 6 hari, *check* jumlah persediaan total (CP+OPT) sudah dapat terpenuhi pada tingkat layanan 90%, tetapi penulis ingin membandingkan biaya total persediaan dengan *lead time* 3 hari yang memiliki tingkat layanan sebesar 85%.

5.9.3 *Lead Time* 9 hari

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.3 sampai dengan 5.7), maka dapat dilihat pada Tabel 5.39, 5.40, dan 5.41 hasil *check* jumlah persediaan total terhadap gudang.

Tabel 5.39 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 95%

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
9	Semen	79,0732	107,784	81,772	189,556	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2.332,164	189,134	2.521,298	2.500	Tidak
	Split	1.760,82	2.396,129	179,24	2.575,369	2.500	Tidak

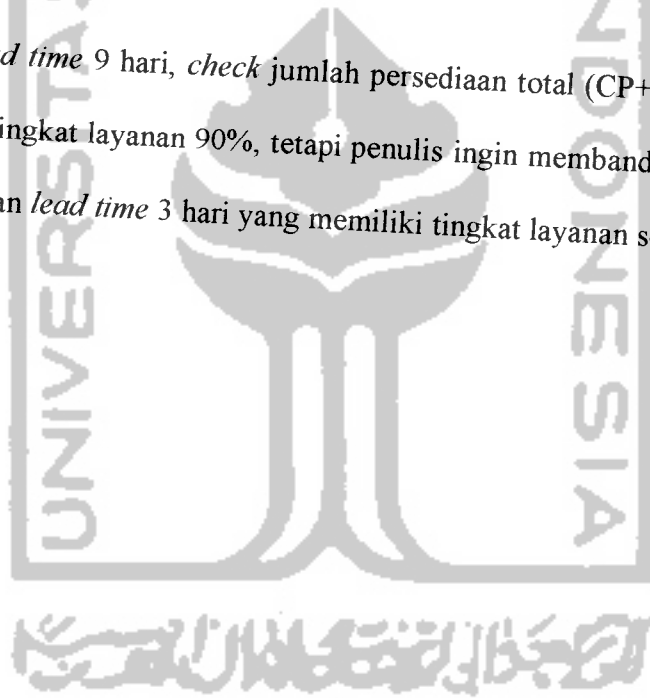
Tabel 5.40 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 90%

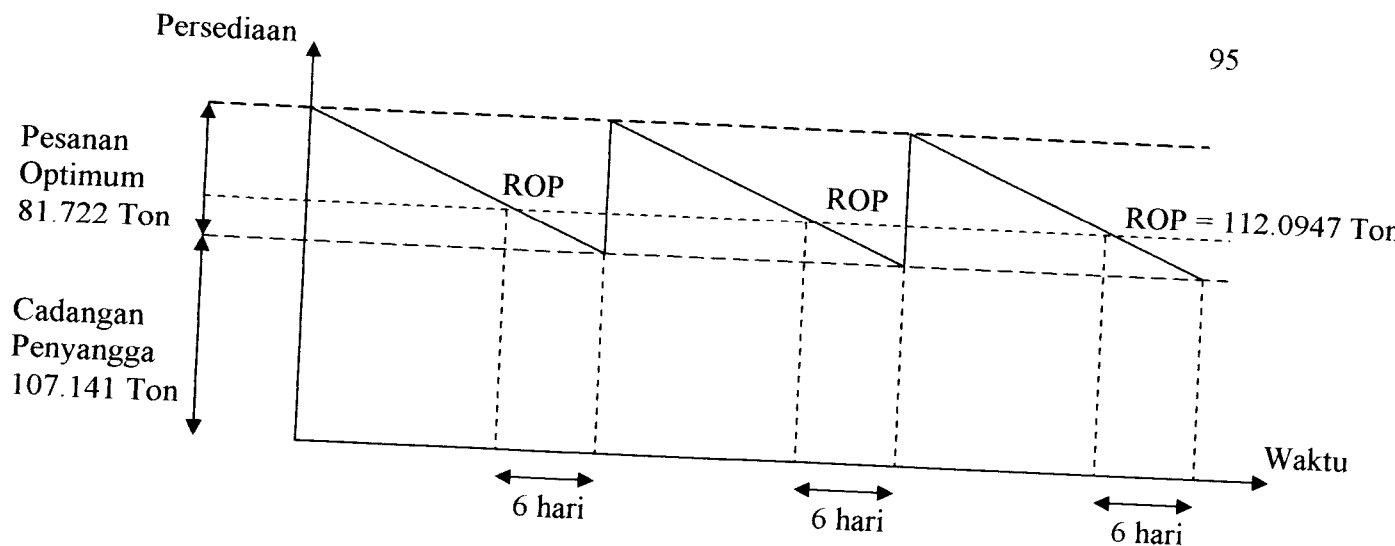
Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
9	Semen	79,0732	96,21373	81,772	177,9857	200	Ya
	Pasir	1.717,45	2082,82	189,134	2.271,954	2.500	Ya
	Split	1.760,82	2139,368	179,24	2.318,608	2.500	Ya

Tabel 5.41 Check jumlah persediaan total terhadap gudang tingkat layanan 85%

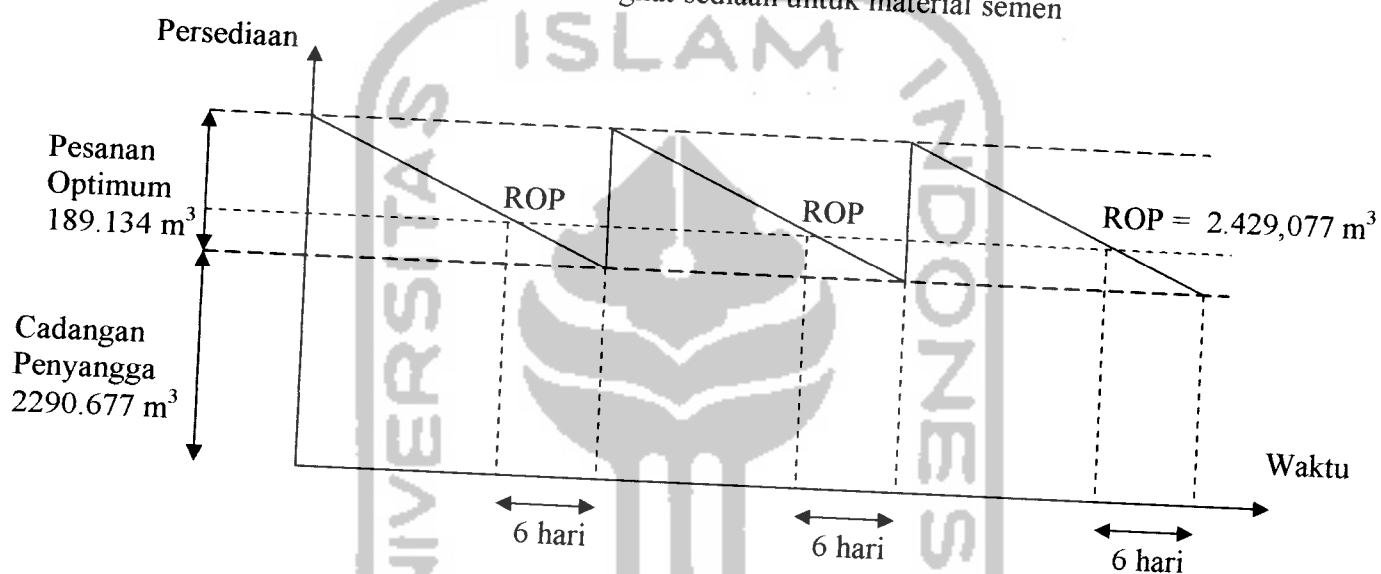
Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	CP + OPT	Gudang	Check
9	Semen	79,0732	88,37272	81,772	170,1447	200	Ya
	Pasir	1.717,45	1.913,842	189,134	2.102,976	2.500	Ya
	Split	1.760,82	1.965,366	179,24	2.144,606	2.500	Ya

Pada *lead time* 9 hari, *check* jumlah persediaan total (CP+OPT) sudah dapat terpenuhi pada tingkat layanan 90%, tetapi penulis ingin membandingkan biaya total persediaan dengan *lead time* 3 hari yang memiliki tingkat layanan sebesar 85%.

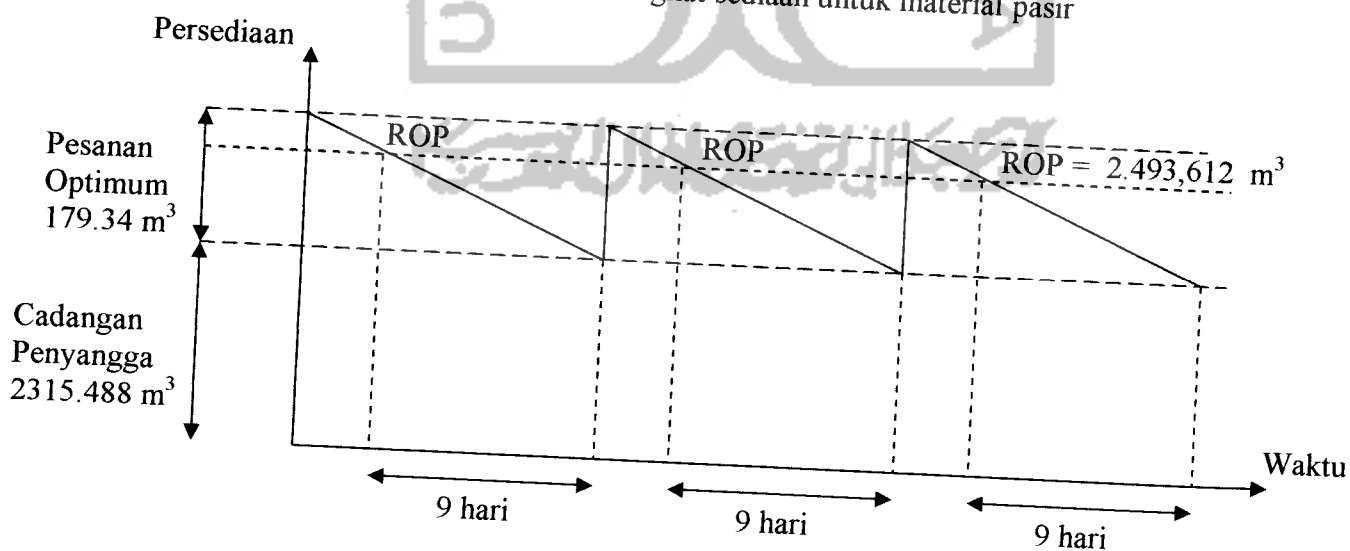




Gambar 5.7 Grafik tingkat sediaan untuk material semen



Gambar 5.8 Grafik tingkat sediaan untuk material pasir



Gambar 5.9 Grafik tingkat sediaan untuk material split

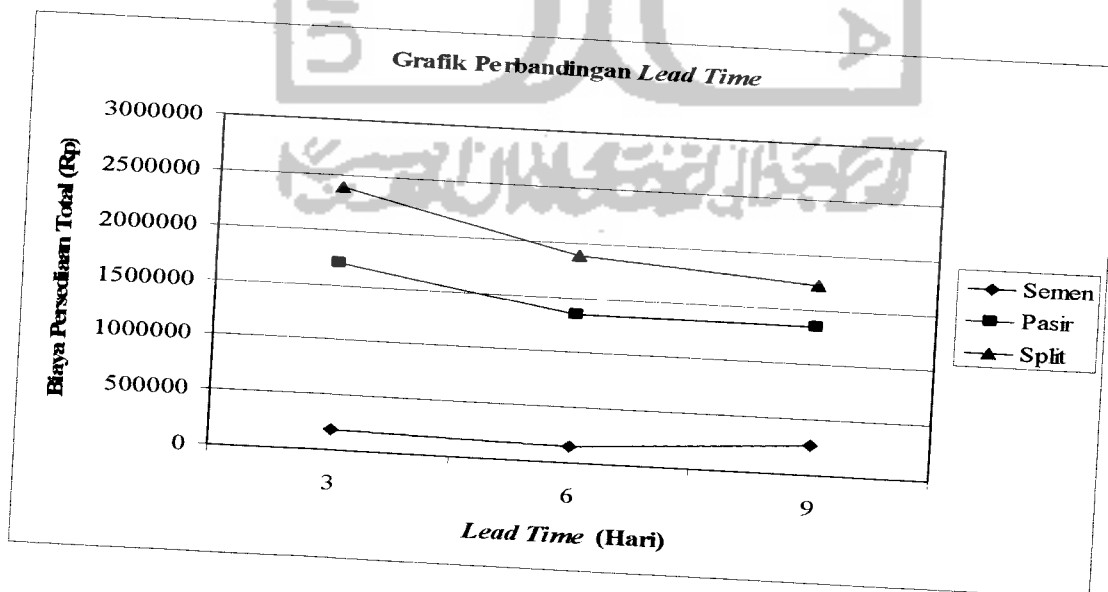
5.10 Perbandingan Biaya Total Persediaan

Dengan cara analogi yang sama (poin 5.8), penulis memberikan alternatif perbandingan agar diperoleh biaya produksi beton jadi yang paling ekonomis dengan melihat hasil perhitungan *lead time* 3 hari, 6 hari dan 9 hari untuk masing-masing material.

Tabel 5.42 Perbandingan biaya total persediaan terhadap 3 *lead time*

Lead Time	Material	Rata-rata	CP	Jumlah Optimum	RP	Siklus	Biaya Total Persediaan
3	Semen	79,0732	107,141	81,772	115,0483	11	187.454,44
	Pasir	1.717,45	2.290,677	189,134	2.462,422	97	1.696.274,56
	Split	1.760,82	2.315,484	179,24	2.491,566	105	2.386.668
6	Semen	79,0732	96,28004	81,772	112,0947	11	148.727,22
	Pasir	1.717,45	2.085,587	189,134	2.429,077	98	1.343.137,28
	Split	1.760,82	2.141,448	179,24	2.493,612	106	1.888.834
9	Semen	79,0732	88,37272	81,772	112,0947	11	265.366,8
	Pasir	1.717,45	1.913,842	189,134	2.429,077	99	1.349.354,6
	Split	1.760,82	1.965,366	179,24	2.493,612	107	1.731.556

Agar dapat terlihat perbedaan yang nyata maka penulis memplotkan antara *lead time* terhadap biaya total persediaan seperti pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Lead Time

Melihat perbandingan pada Tabel 5.42 dan Gambar 5.10, grafik dipengaruhi oleh siklus dan biaya pemesanan, terlihat pada grafik semen yang hampir membentuk garis lurus, hal ini disebabkan pada *lead time* 3, 6 dan 9 hari, biaya pemesanan dan siklus material yang tetap. Tidak demikian halnya untuk grafik pasir, biaya pemesanan dan siklus material yang bertambah akan menyebabkan grafik mengalami penurunan pada *lead time* 3 ke *lead time* 6 hari kemudian akan mengalami kenaikan pada *lead time* 6 hari ke 9 hari, sedangkan grafik split masih terjadi penurunan pada *lead time* 9 hari dan akan terjadi kenaikan pada *lead time* 12 hari.

Sehingga dapat disimpulkan, *lead time* 6 hari menghasilkan biaya total persediaan yang paling ekonomis untuk material semen dan pasir, sedangkan *lead time* 9 hari akan menghasilkan biaya total persediaan yang ekonomis untuk material split.

