

IDEALISASI PENJADWALAN PROYEK BANGUNAN GEDUNG DENGAN TEKNIK MILLER

Oleh : Tuti Sumarningsih

Abstract

Bar Chart, the other name of Gantt Chart, is one type of scheduling form that often used in construction project. The Bar Chart is usually completed with S Curve, that present the cumulative earned of work from time to time. The S Curve can be used to controlled the progress of work in any time. The analysis of Earned Value Concept, that analyze cost and time consumed of work simultaneously, is based on S Curve either.

In many cases, the shape of S Curve is formed unless referred to certain rule, so that the shape of letter "S" some times too steep or too slope slightly. To improve the shape of S Curve, Miller introduced the concept of S Curve that composed from three mathematic's formulas. The three formulas that form three parts of the curve are $y = 0,0225 x^2$, $y = 1,5 x - 25$, and $y = -125 + 4,5 x - 0,0225 x^2$ respectively. This curve is ideal, whereas the earned of the work in a certain unit time changes gradually, therefore meet the concept of resources levelling.

Miller divided the duration of project execution in three parts. Each part has a same length of periode. The study of different length of periode for three parts shows that S Curve is not ideal, proved by the fluctuation of earned of work in significant value.

Key words : *S Curve, earned of work, resources levelling*

I. Pendahuluan

Bar Chart atau *Gantt Chart* adalah bentuk penjadwalan yang hampir selalu dijumpai pada proyek-proyek teknik sipil, baik sebagai satu-satunya bentuk penjadwalan ataupun sebagai pelengkap dari penjadwalan dalam bentuk jaringan kerja seperti *Critical Path Method (CPM)*, *Precedence Diagram Method (PDM)* dan *Program Evaluation and Review Technique (PERT)*. Walaupun memiliki beberapa kelemahan jika dibandingkan dengan metoda jaringan kerja, *Bar Chart* selalu dipakai karena selain mudah dibuat dan mudah dipahami, juga dapat menampilkan kurva S yang sangat bermanfaat untuk melihat prestasi/kemajuan pekerjaan.

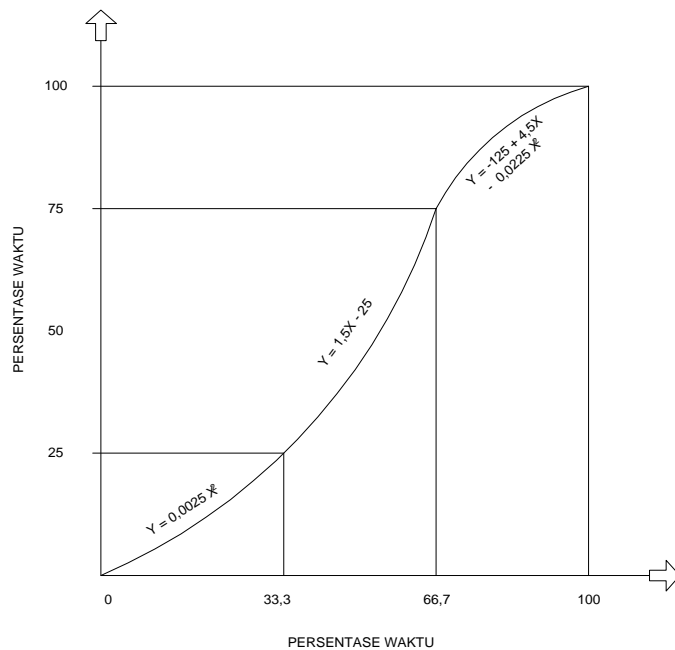
Kurva S digambar berdasarkan prestasi kumulatif yang dicapai pada waktu tertentu. Jika kurva S rencana berada di atas kurva S realita, berarti pada waktu yang ditinjau tersebut pelaksanaan proyek terlambat. Sebaliknya jika kurva S rencana berada di bawah kurva S realita, berarti pada waktu yang ditinjau tersebut pelaksanaan proyek lebih cepat.

Kurva S juga dipakai sebagai dasar dalam analisa dan pengendalian proyek dengan Konsep Nilai Hasil (*Earn Value Concept*). Dari kurva S yang menunjukkan *Actual Cost Work of Performed (ACWP)*, *Budgeted Cost Work of Performed (BCWP)*, dan *Budgeted Cost Work of Scheduled (BCWS)* dapat dihi-tung indeks kinerja proyek yang berupa *Cost Productivity Index (CPI)* dan *Scheduled Productivity Index (SPI)*. Pembiayaan proyek sesuai anggaran jika nilai CPI sama dengan satu, dan pelaksanaan proyek sesuai dengan rencana jadwal jika nilai SPI sama dengan satu.

II. Kurva S Miller

Lawrence C. Miller (1962) memperkenalkan formula kurva S ideal yang dapat diterapkan pada proyek konstruksi. Kelengkungan kurva S diikat pada 2 titik kontrol yang membagi kurva menjadi 3 bagian. Pada titik kontrol pertama yang terletak pada sepertiga waktu pelaksanaan, prestasi kumulatif pekerjaan yang harus dicapai adalah sebesar 25%, dan pada titik kontrol kedua yang terletak pada dua pertiga waktu pelaksanaan, prestasi kumulatif pekerjaan yang harus dicapai adalah sebesar 75%. Prestasi pekerjaan setiap bulan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Waktu Pelaksanaan	Rumus Prestasi
mulai – 1/3 bagian	$y = 0,0225 x^2$
1/3 bagian – 2/3 bagian	$y = 1,5x - 25$
2/3 bagian - selesai	$y = -125 + 4,5x - 0,0225 x^2$



Gambar 1. Kurva S ideal menurut Miller

Untuk meneliti idealisasi kurva S dengan teknik Miller, dihitung prestasi kumulatif, rencana prestasi, serta perubahan rencana prestasi per satuan waktu. Untuk itu dipilih tiga durasi pelaksanaan proyek, yaitu 21 bulan, 15 bulan, dan 12 bulan.

Tabel 1
Perhitungan Prestasi Dengan Teknik Miller
Untuk Durasi Proyek 21 Bulan

Bulan (n)	Rumus Perhitungan Prestasi Kumulatif (y)	Prestasi Kom. (%)	Rencana Prest. (%)	Perubahan Renc. Prest
1	$y = 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{7 \cdot 3}$	0,5102	0,5102	
2		2,0408	1,5306	1,0204
3		4,5918	2,5510	1,0204
4		8,1633	3,5716	1,0206
5		12,7551	4,5918	1,0202

6		18,3673	5,6122	1,0204
7		25	6,6327	1,0205
8	$y = 1,5 \frac{n \cdot 100}{7 \cdot 3} - 25$	32,1429	7,1429	0,5102
9		39,2857	7,1428	0
10		46,4286	7,1428	0
11		53,5714	7,1428	0
12		60,7143	7,1428	0
13		67,8571	7,1428	0
14		75	7,1428	0
15	$y = -125 + 4,5 \frac{n \cdot 100}{7 \cdot 3} - 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{7 \cdot 3}$	81,6327	6,6327	- 0,5101
16		87,2448	5,6121	- 1,0206
17		91,8367	4,5919	- 1,0202
18		95,4082	3,5716	- 1,0204
19		97,9592	2,5510	- 1,0205
20		99,4898	1,5306	- 1,0204
21		100	0,5102	- 1,0204

Dari Tabel 1 terlihat bahwa prestasi Miller berubah secara gradual. Mulai bulan ke 1 hingga bulan ke 7 prestasi naik secara teratur dengan kenaikan sebesar 1,0204. Pada bulan ke 7 prestasi kumulatif mencapai 25%. Selanjutnya mulai bulan ke 8 hingga bulan ke 14 prestasi setiap bulan tetap. Pada bulan ke 14 prestasi kumulatif mencapai 75%. Mulai bulan ke 15 hingga bulan ke 21 prestasi turun secara teratur, dimana angka penurunannya sama dengan angka kenaikan pada bulan ke 7 hingga bulan ke 1, tetapi berlawanan tanda. Jika dikaitkan dengan pengadaan tenaga kerja, peralatan, serta material, perubahan prestasi yang teratur ini mengindikasikan bahwa teknik Miller memenuhi prinsip *resources levelling*.

Prestasi yang berubah secara gradual juga terlihat pada perhitungan dengan durasi 15 bulan dan 12 bulan sebagaimana disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

Tabel 2
Perhitungan Prestasi Dengan Teknik Miller
Untuk Durasi Proyek 15 Bulan

Bulan (n)	Rumus Perhitungan Prestasi Kumulatif (y)	Prestasi Kom. (%)	Rencana Prest. (%)	Perubahan Renc. Prest
1	$y = 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{5 \cdot 3}$	1	1	
2		4	3	2
3		9	5	2
4		16	7	2
5		25	9	2
6	$y = 1,5 \frac{n \cdot 100^2}{5 \cdot 3} - 25$	35	10	1
7		45	10	0
8		55	10	0
9		65	10	0
10		75	10	0
11	$y = -125 + 4,5 \frac{n \cdot 100}{5 \cdot 3} - 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{5 \cdot 3}$	84	9	- 1
12		91	7	- 2
13		96	5	- 2
14		99	3	- 2

15	$y = 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{5 \cdot 3}$	100	1	- 2
----	--	-----	---	-----

Tabel 3
Perhitungan Prestasi Dengan Teknik Miller
Untuk Durasi Proyek 12 Bulan

Bulan (n)	Rumus Perhitungan Prestasi Kumulatif (y)	Prestasi Kom. (%)	Rencana Prest. (%)	Perubahan Renc. Prest
1	$y = 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{4 \cdot 3}$	1,5625	1,5625	
2		6,2500	4,6875	3,1250
3		14,0625	7,8125	3,1250
4		25	10,9375	3,1250
5	$y = 1,5 \frac{n \cdot 100^2}{4 \cdot 3} - 25$	37,5000	12,5000	1,5625
6		50,0000	12,5000	0
7		62,5000	12,5000	0
8		75	12,5000	0
9	$y = - 125 + 4,5 \frac{n \cdot 100^2}{4 \cdot 3} - 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{4 \cdot 3}$	85,9375	10,9375	- 1,5625
10		93,7500	7,8125	- 3,1250
11		98,4375	4,6875	- 3,1250
12		100	1,5625	- 3,1250

Pada penelitian dimana pembagian durasi proyek tidak dilakukan menjadi tiga periode yang sama, diperoleh hasil bahwa rencana prestasi per satuan waktu pada periode pertama dan periode ketiga mengalami fluktuasi yang cukup besar. Berikut ditampilkan hasil perhitungan prestasi kumulatif, rencana prestasi, dan perubahan rencana prestasi dengan mengambil periode pertama seperempat durasi proyek, periode kedua setengah durasi proyek, dan periode ketiga seperempat durasi proyek.

Tabel 4
Perhitungan Prestasi Dengan Teknik Miller 21 Bulan
($u_1 = 0,25 = 5$ bulan ; $u_2 = 0,50 = 11$ bulan ; $u_3 = 0,25 = 5$ bulan)

Bulan (n)	Rumus Perhitungan Prestasi Kumulatif (y)	Prestasi Kom. (%)	Rencana Prest. (%)	Perubahan Renc. Prest
1	$y = 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{5 \cdot 4}$	0,5625	0,5625	
2		2,2500	1,6875	1,1250
3		5,0625	2,8125	1,1250
4		9,0000	3,9375	1,1250
5		14,0625	5,0625	1,1250
6		15,9091	1,8466	- 3,2159
7		22,7273	6,8182	4,9716
8		29,5455	6,8182	0
9		36,3637	6,8182	0
10		43,1818	6,8182	0

11			50,0000	6,8182	0
12		$n \cdot 100$	56,8182	6,8182	0
13	$y = 1,5$	----- - 25	63,6364	6,8182	0
14		11 . 2	70,4545	6,8182	0
15			77,2727	6,8182	0
16			84,0909	6,8182	0
17			94,9375	10,8466	4,0284
18			97,7500	2,8182	- 8,0284
19			99,4375	1,6875	- 1,1307
20			100,0000	0,5625	- 1,1250
21	$y = - 125 + 4,5$	$n \cdot 100$ ----- 5 . 4 $n \cdot 100^2$ ----- - 0,0225 5 . 4	99,4375	- 0,5625	- 1,1250

Pada perhitungan prestasi dengan waktu 15 bulan (Tabel 5) terlihat bahwa pada bulan ke 11 prestasi kumulatif adalah 92,8571% sedangkan pada bulan ke 12 dimana prestasi kumulatif seharusnya lebih tinggi, hasil yang diperoleh hanya 85,9375% (lebih rendah dari bulan ke 11). Prestasi kumulatif pada bulan ke 15 yang seharusnya 100%, ternyata hanya mencapai 99,1211%. Prestasi pada bulan ke 12 bahkan tidak masuk akal karena berharga negatif (- 6,9192%). Perubahan prestasi dari bulan ke bulan juga mengalami fluktuasi yang sangat besar, yaitu pada bulan ke 4 (1,7577%), bulan ke 5 (8,3566%), bulan ke 6 (- 3,7946%). Demikian juga pada bulan ke 12, bulan ke 13, dan bulan ke 14.

Tabel 5
Perhitungan Prestasi Dengan Teknik Miller 15 Bulan
($u_1 = 0,25 = 4$ bulan ; $u_2 = 0,50 = 7$ bulan ; $u_3 = 0,25 = 4$ bulan)

Bulan (n)	Rumus Perhitungan Prestasi Kumulatif (y)	Prestasi Kom. (%)	Rencana Prest. (%)	Perubahan Renc. Prest
1		0,8789	0,8789	
2		3,5156	2,6367	1,7578
3	$y = 0,0225$	7,9102	4,3946	1,7579
4	----- 4 . 4	14,0625	6,1523	1,7577
5		28,5714	14,5089	8,3566
6		39,2857	10,7143	- 3,7946
7		50,0000	10,7143	0
8	$n \cdot 100$	60,7143	10,7143	0
9	$y = 1,5$	71,4285	10,7143	0
10	----- - 25 7 . 2	82,1429	10,7143	0
11		92,8571	10,7143	0
12		85,9375	- 6,9192	- 17,6335
13		92,0898	6,1523	13,0715
14		96,4844	4,3946	- 1,7577

15	$y = -125 + 4,5 \frac{n \cdot 100}{4 \cdot 4} - 0,0225 \frac{n \cdot 100^2}{4 \cdot 4}$	99,1211	2,6367	- 1,7579
----	---	---------	--------	----------

Prestasi Pekerjaan dan Kebutuhan Tenaga Kerja

Untuk meneliti prestasi pekerjaan yang dihasilkan tenaga kerja pada setiap periode, dilakukan penelitian dengan mengambil data dari proyek pembangunan Gedung Unit VII Kampus Terpadu UII pada tahun 2001. Data yang diambil berupa prestasi yang dicapai per satuan waktu dan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk mencapai prestasi tersebut. Dari perhitungan prestasi tenaga kerja yang diperoleh, selanjutnya diteliti apakah pada ketiga periode pelaksanaan proyek sebagaimana ditentukan oleh Miller terjadi perubahan prestasi yang dihasilkan tenaga kerja.

Tabel 6. Prestasi Rata-Rata Per Orang Pada Tiga Periode Pelaksanaan Pembangunan Proyek

	Periode I (0,33 bag.)	Periode II (0,33 bag.)	Periode III (0,33 bag.)	Waktu Pelaksanaan
Prestasi Total	25%	50%	25%	
Σ Tng. Kerja (orang)	1279	3364	1855	21 Bulan
Prest. per orang (%)	0,0195	0,0149	0,0135	
Σ Tng. Kerja (orang)	1155	3466	1815	15 Bulan
Prest. per orang (%)	0,0216	0,0144	0,0138	
Σ Tng. Kerja (orang)	1187	3215	1855	12 Bulan
Prest. per orang (%)	0,0211	0,0156	0,0135	
Prestasi Rata2 per orang (%)	0,02073	0,01497	0,0135	

Dari Tabel 6 terlihat bahwa prestasi rata-rata tenaga kerja cenderung menurun dari periode I, periode II, dan periode III. Hal ini sesuai dengan kondisi di lapangan, dimana pada tahap awal pembangunan pekerjaan-pekerjaan dapat diselesaikan dengan cepat, dan semakin mendekati akhir, karena pekerjaan sebagian besar berupa detail finishing, maka pekerjaan akan berjalan dengan lebih lambat.

Pemendekan durasi pelaksanaan proyek akan meningkatkan kebutuhan tenaga kerja. Jika peningkatan jumlah tenaga kerja ini tidak melampaui batas minimal kebutuhan ruang gerak bagi setiap pekerja (yang akan berakibat menurunkan produktivitas) maka pemendekan durasi pelaksanaan akan menurunkan biaya proyek karena pengurangan biaya-biaya overhead yang berkaitan dengan waktu. Pada penelitian dengan durasi proyek dipersingkat dari 21 bulan menjadi 15 bulan dan 12 bulan, diperoleh hasil sebagaimana disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8
Kebutuhan Tenaga Kerja Dan Biaya

Bulan	Realisasi	Penjadwalan	Penjadwalan	Penjadwalan
-------	-----------	-------------	-------------	-------------

ke	Proyek (28 bln)	Miller (21 bln)	Miller (15 bln)	Miller (12 bln)
1	tidak tercatat	24	39	70
2	tidak tercatat	70	133	207
3	tidak tercatat	113	218	358
4	87	157	307	552
5	98	215	458	608
6	144	270	612	843
7	203	430	659	878
8	163	436	768	886
9	145	478	725	719
10	250	445	702	589
11	325	491	625	402
12	370	493	491	145
13	415	506	408	
14	464	515	234	
15	483	540	57	
16	472	416		
17	476	330		
18	507	242		
19	544	156		
20	490	123		
21	520	48		
22	527			
23	534			
24	147			
25	147			
26	tidak tercatat			
27	tidak tercatat			
28	tidak tercatat			
Jml. Tng.		6498	6436	6257
Biaya (Rp.)	18.015.766.410,00	17.887.256.028,00	17.724.549.127,00	17.642.541.753,00

Dari Tabel 8 dapat dibandingkan produktivitas rata-rata tenaga kerja untuk waktu pelaksanaan 21 bulan, 15 bulan, dan 12 bulan. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9

**Produktivitas Rata-Rata Tenaga Kerja
Waktu Pelaksanaan 21 Bulan, 15 Bulan, dan 12 Bulan**

	Waktu Pelaksanaan		
	21 Bulan	15 Bulan	12 Bulan
Biaya (rupiah)	17.887.256.028,00	17.724.549.127,00	17.642.541.753,00
Jml. tenaga kerja	6498	6436	6257
Prod./orang (rup.)	2.752.732,54	2.753.969,72	2.819.648,67
Prest./orang (%)	0,01539	0,01554	0,01598

Dari Tabel 9 dapat dilihat bahwa produktivitas dan prestasi rata-rata tenaga kerja semakin meningkat dengan dipendekkannya waktu pelaksanaan pembangunan proyek. Tabel 10 memperlihatkan prestasi yang dicapai setiap bulan dan jumlah tenaga kerja untuk waktu pelaksanaan 21 bulan, 15 bulan, dan 12 bulan.

Tabel 10
Prestasi dan Jumlah tenaga Kerja

Pelaksanaan 21 bulan		Pelaksanaan 15 bulan		Pelaksanaan 12 bulan	
Prestasi	Σ Tng.Krj.	Prestasi	Σ Tng.Krj.	Prestasi	Σ Tng.Krj.
0,5102	24	1	39	1,5625	70
1,5306	70	3	133	4,6875	207
2,5510	113	5	218	7,8125	358
3,5716	157	7	307	10,9375	552
4,5918	215	9	458	12,5000	608
5,6122	270	10	612	12,5000	843
6,6327	430	10	659	12,5000	878
7,1429	436	10	768	12,5000	886
7,1428	478	10	725	10,9375	719
7,1428	445	10	702	7,8125	589
7,1428	491	9	625	4,6875	402
7,1428	493	7	491	1,5625	145
7,1428	506	5	408		
7,1428	515	3	234		
6,6327	540	1	57		
5,6121	416				
4,5919	330				
3,5715	242				
2,5510	156				
1,5306	123				
0,5102	48				

IV. Kesimpulan

1. Perhitungan prestasi kumulatif untuk menggambarkan kurva S dengan teknik Miller hanya bisa diberlakukan pada pembagian periode masing-masing sepertiga dari waktu pelaksanaan. Jika diinginkan pembagian periode yang lain, maka rumus matematisnya harus dirubah.
2. Perhitungan prestasi pekerjaan dengan rumus Miller menghasilkan perubahan gradual, sesuai dengan prinsip perataan sumber daya (*resources levelling*).
3. Jika kebutuhan ruang gerak minimum untuk bekerja tidak dilampaui, maka pemendekan waktu pelaksanaan proyek dengan penambahan tenaga kerja tidak menaikkan biaya proyek. Biaya proyek akan meningkat jika kebutuhan ruang gerak minimum untuk bekerja dilampaui, yang mengakibatkan turunnya produktivitas pekerja. Biaya proyek juga akan meningkat jika dipakai waktu kerja lembur, karena produktivitas lembur lebih kecil daripada produktivitas waktu kerja normal, sementara upah lembur lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- Barrie, Donald S., 1992, *Professional Construction Management*, Third Edition, McGraw Hill, New York.
- Bennet, F. Lawrence, 1996, *The Management of Engineering*, John Willey & Sons, Canada.
- Callahan, Michael T., 1992, *Construction Project Scheduling*, McGraw Hill, New York.
- Goldhaber, Stanley, 1977, *Construction Management Principle and Practice*, John Wiley & Sons, Canada.
- Gould, Frederick E., 1997, *Managing The Construction Process*, Prentice Hall, New Jersey.
- Halpin, Daniel W., 1998, *Construction Management*, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Heinze, Kurt, 1996, *Cost Management of capital Project*, Marcel Dekker, New York.
- Ritz, George J., 1994, *Total Construction Project Management*, McGraw Hill, New York.
- Soeharto, Iman, 1997, *Manajemen Proyek*, Penerbit Erlangga, Jakarta.