

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian sebelumnya yang relevan antara lain:

No	Nama Penelitian dan Tahun	Permasalahan	Batasan Masalah	Metode Penelitian	Hasil Penelitian	Kesimpulan	Riset yang Disarankan	Rencana Riset
1	Evaluasi Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Earned Value pada Proyek Pelebaran Jembatan Sail Ruas Jalan Pekanbaru (Satrio, UIR, 2020)	Keterlambatan dan pemborosan biaya proyek	Minggu ke-17	EVM (BCWS, BCWP, ACWP, CPI, SPI)	SPI < 1, CPI < 1	Proyek terlambat dan boros biaya	Evaluasi berkala proyek	Studi komparatif proyek drainase
2	Analisis Penerapan EVM pada Proyek Jembatan Cibuni (Sidiq & Johari, ITG, 2020)	Penyimpangan jadwal dan biaya	Minggu ke-1 hingga ke-6	EVM (SV, CV, CPI, SPI)	SV negatif, SPI < 1	Proyek terlambat, biaya terkendali	EVM pada proyek infrastruktur	EVM dengan faktor eksternal

3	Analisis Biaya & Waktu Jembatan Sambas Besar (Reza & Luthfi, UMB, 2024)	Inflasi biaya, keterlambatan	Minggu ke-1 sampai 20	EVM	CV negatif, $SPI < 1$	Pemborosan dan keterlambatan	EVM + manajemen risiko	Model prediktif proyek
4	Evaluasi Kinerja Pembangunan The Samator Surabaya (Priyono, ITS, 2015)	Evaluasi efisiensi proyek besar	Minggu ke-98	EVM (CPI, SPI, EAC)	$CPI > 1$, $SPI < 1$	Efisiensi biaya, keterlambatan waktu	Identifikasi penyebab keterlambatan	Strategi mitigasi keterlambatan
5	Earned Value pada Pelebaran Jalan Simpang Lago - Sorek I (Kurniawan, UIR, 2017)	Evaluasi biaya dan waktu proyek jalan	Sampai minggu ke-21	EVM	BCWP dan ACWP menunjukkan efisiensi	Proyek efisien dalam biaya	EVM pada proyek jalan lain	Studi longitudinal EVM
6	EVM Proyek Jalan Ruas Kotu - Laba (Ningsi, UM Parepare, 2022)	Keterlambatan proyek	Minggu ke-23	EVM	Estimasi keterlambatan 35 hari	Biaya efisien, waktu terlambat	EVM + manajemen waktu	Alat bantu monitoring proyek
7	EVM Proyek Jalan Layang Akses Bandara Ahmad Yani (Junaidi, Polines, 2022)	Keterlambatan proyek	Minggu ke-37	EVM	$CPI > 1$, $SPI < 1$	Efisiensi biaya, keterlambatan waktu	Identifikasi faktor penghambat	Strategi percepatan proyek

8	EVM Proyek Jalan Paket 4 (Syahrir, Unanda, 2025)	Evaluasi efisiensi proyek	Durasi 240 hari	EVM (CPI, SPI)	CPI = 1,11, SPI = 1,868	Efisien waktu dan biaya	Studi EVM proyek berbeda	Studi komparatif proyek serupa
9	EVM Jembatan Gitgit-Wanagiri (Mahapatni, UNHI, 2023)	Evaluasi biaya dan waktu	Durasi proyek	EVM	Efisiensi biaya, perlu evaluasi waktu	Perlu perbaikan pengendalian waktu	Integrasi EVM dengan tools manajemen	Model integratif proyek
10	EVM Ruas Jalan Sp. Armed - Great (Laia, UPMI, 2024)	Kinerja waktu dan biaya	Ruas jalan Kabupaten Deli Serdang	EVM	CPI < 1, SPI < 1	Keterlambatan dan pemborosan	Evaluasi metode percepatan	Perbandingan proyek daerah lain
11	EVM Proyek Jalan Nasional (Kukuh, Untag Surabaya, 2023)	Keterlambatan waktu	Proyek jalan nasional	EVM	SPI < 1	Proyek mengalami keterlambatan	Perbandingan antar metode kontrol	Riset implementasi digital EVM
12	EVM Masjid Al-Hijri 2 UIKA Bogor (Hayati & Agil, UIKA, 2019)	Evaluasi biaya dan waktu	Proyek gedung keagamaan	EVM	CPI mendekati 1	Proyek relatif efisien	Aplikasi EVM di proyek sosial	EVM pada proyek pembangunan sosial

13	EVM Pengendalian Banjir Kali Lamong (Annas, UMS, 2025)	Efisiensi pengendalian banjir	Proyek konstruksi sungai	EVM	$CPI > 1$, $SPI > 1$	Proyek sangat efisien	Replikasi metode di proyek sejenis	Pengembangan dashboard EVM
14	EVM Pembangunan Jembatan (Revisdah, UMPalembang, 2023)	Evaluasi biaya dan waktu	Proyek jembatan lokal	EVM	$CPI = 1$, $SPI < 1$	Biaya efisien, waktu lambat	Evaluasi faktor penghambat proyek	Strategi percepatan teknis
15	EVM Proyek Gedung X (Wafi, Polinema, 2024)	Keterlambatan proyek gedung	Proyek kampus	EVM	$SPI = 0,9$	Perlu perbaikan jadwal	Integrasi EVM dan penjadwalan	Rencana evaluasi mingguan proyek

Tabel 2. 1 Penelian Terdahulu

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa metode EVM merupakan alat analisis yang efektif dan relevan dalam mengevaluasi kinerja proyek konstruksi, khususnya dalam hal pengendalian waktu dan biaya.

2.2. Proyek Konstruksi

Menurut Nurhayati (2010), proyek adalah suatu upaya atau aktivitas yang diorganisir untuk mencapai tujuan, sasaran, serta harapan-harapan tertentu dengan memanfaatkan anggaran dana dan sumber daya yang tersedia, yang harus diselesaikan dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Proyek memiliki ciri-ciri pokok sebagai berikut:

- a. Bertujuan untuk menghasilkan suatu lingkup (*deliverable*) tertentu berupa produk akhir atau hasil kerja yang jelas.
- b. Dalam proses pencapaian lingkup tersebut, ditentukan sejumlah biaya, jadwal, serta kriteria mutu yang harus dipenuhi.
- c. Bersifat sementara, yang berarti proyek memiliki titik awal dan titik akhir yang jelas, dan berakhir ketika tujuan telah tercapai.
- d. Bersifat non-rutin, artinya tidak bersifat berulang. Kegiatan yang dilakukan bersifat unik dan intensitasnya dapat berubah sepanjang pelaksanaan proyek.

Ilmu dalam bidang konstruksi pada umumnya dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian utama, yaitu:

1. Teknologi konstruksi, dan
2. Manajemen konstruksi.

Berbeda dengan teknologi konstruksi yang berfokus pada aspek teknis pelaksanaan di lapangan, manajemen konstruksi lebih menitikberatkan pada pengelolaan sumber daya yang tersedia agar dapat dimanfaatkan secara optimal dalam suatu proyek konstruksi. Dalam konteks ini, sumber daya konstruksi umumnya dikenal dengan istilah lima M (5M), yang mencakup:

1. *Manpower* (tenaga kerja),
2. *Machinery* (alat dan peralatan),
3. *Materials* (bahan bangunan),
4. *Money* (anggaran atau biaya),
5. *Methods* (metode pelaksanaan).

Proyek mempunyai tiga karakteristik yang dapat dipandang secara tiga dimensi yaitu unik, melibatkan sejumlah sumber daya, dan membutuhkan organisasi. Kemudian, proses penyelesaiannya harus berpegang pada tiga kendala (Ervianto,2005) :

1. Bersifat unik

Keunikan dari proyek konstruksi adalah tidak pernah terjadi kegiatan yang sama persis (tidak ada proyek yang identic, yang ada adalah proyek yang sejenis).

2. Dibutuhkan sumber daya (*resource*)

Setiap proyek membutuhkan sumber daya yaitu uang, pekerja, mesin, metode dan material.

3. Organisasi

Setiap proyek mempunyai beragam tujuan dimana terlibat sejumlah individu dengan keahlian yang bervariasi, perbedaan ketertarikan, Dalam proyek untuk mencapai tujuan dari suatu proyek, ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran), jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi.

Ketiga batasan diatas disebut tiga kendala atau *triple constraint* yaitu (Husen, 2009)

a) Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak boleh melebihi anggaran.

Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal bertahun-tahun, anggarannya bukan hanya ditentukan untuk total proyek, tetapi dipecah bagi komponen-komponennya atau per periode tertentu (misalnya perkuartil) yang jumlahnya harus disesuaikan dengan keperluan.

b) Jadwal

Proyek harus dilaksanakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melebihi batas waktu yang telah ditentukan.

c) Mutu

Produk atau hasil kegiatan harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Jadi, memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut sebagai *fit for the intended use*. Hubungan tiga kendala (*triple coinstraint*) tersebut dapat dilihat seperti Apabila ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak maka umumnya harus diikuti dengan meningkatkan mutu. Hal ini akan berdampak pada naiknya biaya sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya, jika ingin menekan biaya, maka biasanya harus berkompromi dengan mutu dan jadwal (Husen, 2009).

2.3. Manajemen Proyek Konstruksi

Manajemen proyek merupakan proses perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian sumber daya untuk mencapai tujuan tertentu dalam jangka waktu yang telah ditentukan. Dalam konteks proyek konstruksi, manajemen proyek mencakup pengendalian atas tiga aspek utama, yaitu waktu, biaya, dan mutu (*triple constraint*). Keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi sangat bergantung pada efektivitas manajemen terhadap ketiga aspek tersebut agar proyek selesai tepat waktu, sesuai anggaran, dan memenuhi standar kualitas.

Manajemen konstruksi berperan dalam merencanakan dan mengatur penggunaan kelima sumber daya tersebut secara efektif dan efisien, guna mencapai tujuan proyek sesuai dengan target waktu, biaya, dan mutu yang telah ditetapkan. Keberhasilan pelaksanaan suatu proyek konstruksi sangat dipengaruhi oleh perencanaan yang matang, baik dari segi waktu, biaya, maupun ruang lingkup pekerjaan.

Esensi utama dari pelaksanaan proyek konstruksi adalah kemampuan manajer proyek dalam mengelola sumber daya manusia, peralatan, dan material dengan keterbatasan biaya dan waktu, serta dengan tetap menjaga kualitas hasil sesuai dengan perencanaan awal.

Pekerjaan sebuah proyek konstruksi selalu dimulai dengan tiga hal yaitu: penyusunan perencanaan, penyusunan jadwal, dan pengendalian untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan rencana. (Manajemen Konstruksi, Ir. Irika Widiyanti, M.T. & Lenggogeni, M.T.)

2.4. Pengendalian Proyek

Pengendalian proyek adalah proses memantau pelaksanaan proyek untuk memastikan bahwa kinerja aktual selaras dengan rencana yang telah disusun. Pengendalian dilakukan untuk mendeteksi deviasi dari perencanaan, baik dari segi waktu maupun biaya, serta mengambil tindakan korektif agar proyek tetap berada pada jalurnya. Dalam praktiknya, pengendalian proyek dapat menggunakan berbagai pendekatan, salah satunya adalah metode *Earned Value Management* (EVM).

2.5. Earned Value Management (EVM)

2.5.1 Pengertian Earned Value

Earned Value Management (EVM) adalah suatu metode kuantitatif untuk mengevaluasi kinerja proyek dengan cara mengintegrasikan data antara waktu, biaya, dan lingkup pekerjaan. Metode ini memungkinkan manajer proyek untuk mengukur kinerja proyek secara objektif melalui tiga variabel utama, yaitu *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC).

- *Planned Value* (PV): Nilai anggaran yang direncanakan untuk pekerjaan yang seharusnya telah selesai sampai waktu tertentu.
- *Earned Value* (EV): Nilai anggaran dari pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan pada waktu tertentu.
- *Actual Cost* (AC): Biaya aktual yang telah dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan hingga waktu tertentu.

Konsep Earned Value menyajikan tiga dimensi penting, yaitu: penyelesaian fisik proyek (*percent complete*), rencana penyerapan biaya (*Planned Value*), biaya aktual yang telah dikeluarkan (*Actual Cost*), serta nilai yang diperoleh dari biaya yang telah dikeluarkan (*Earned Value*). Melalui ketiga dimensi ini, konsep *Earned Value* memungkinkan pengukuran dan analisis kinerja biaya dan waktu melalui perhitungan varians biaya dan waktu (Flemming dan Koppelman, 1994 dalam makalah Biemo W. Sumardi et al).

Analisis *Earned Schedule* (ES) merupakan pengembangan teknis dari konsep *Earned Value* yang mengukur kinerja dalam satuan waktu, bukan biaya. Meskipun menggunakan dasar data yang sama seperti pada *Earned Value Management* (EVM), indikator dalam *Earned Schedule* merupakan turunan dari ukuran kinerja jadwal. Indikator ini memberikan gambaran status dan kemampuan prediktif terhadap jadwal proyek, yang setara dengan analisis biaya dalam EVM. Karena metrik ini berbasis waktu, *Earned Schedule* berperan sebagai pelengkap dari metode EVM dan analisis jadwal konvensional (Kym Henderson, 2007).

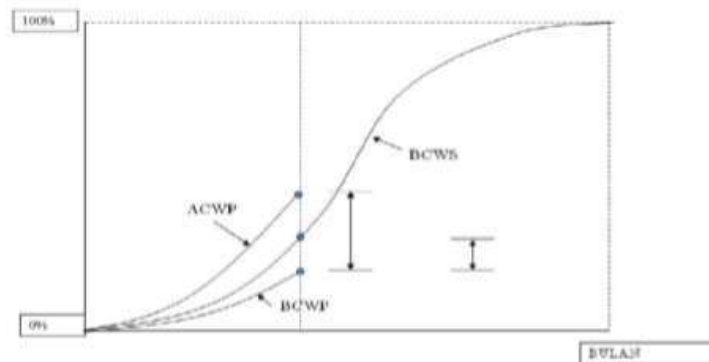
Metode *Earned Value* merupakan suatu teknik pengendalian proyek yang digunakan untuk mengintegrasikan pengendalian biaya dan waktu. Metode ini memberikan informasi mengenai status kinerja proyek pada suatu periode pelaporan, serta memprediksi estimasi biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan berdasarkan indikator kinerja saat pelaporan (Dewa Ketut Sudarsana, 2008). Informasi mengenai kinerja biaya dan waktu ini sangat membantu manajer proyek dalam mengidentifikasi kondisi keseluruhan

proyek maupun unit-unit pekerjaan di dalamnya. Selain itu, metode ini juga memungkinkan prediksi kinerja proyek hingga penyelesaiannya, dengan asumsi bahwa tren yang terjadi saat pelaporan akan berlanjut hingga proyek selesai. Evaluasi ini dapat digunakan sebagai *early warning* apabila ditemukan indikasi inefisiensi, sehingga manajemen dapat mengambil kebijakan atau perubahan metode pelaksanaan untuk mencegah pembengkakan biaya dan keterlambatan proyek.

Dalam pelaksanaan proyek, sangat jarang dijumpai kondisi di mana proyek berjalan sesuai dengan rencana awal. Umumnya terjadi keterlambatan, baik dari segi waktu maupun kemajuan pekerjaan, meskipun ada pula proyek yang mengalami percepatan dari jadwal awal. Untuk mengantisipasi kerugian, diperlukan suatu metode forecasting atau peramalan terhadap estimasi biaya penyelesaian proyek, salah satunya dengan menggunakan analisis *Earned Value* (Hendra Galih, 2010).

2.5.2 Indikator Kinerja EVM

Konsep dasar nilai hasil dapat dipergunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat perkiraan pencapaian sasaran. Indikator yang dipergunakan adalah biaya aktual (*actual cost*), nilai hasil (*earned value*) dan jadwal anggaran (*planed value*). keseluruhan rumus diambil dari (Iman Suharto, 1995).



Gambar 2. 1 Grafik Indikator EVM

a. Biaya Aktual (*Actual Cost - AC*)

Actual Cost of Work Performed (ACWP) atau biaya aktual adalah total biaya nyata yang telah dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan hingga periode pelaporan tertentu. Informasi ini diperoleh dari catatan keuangan proyek pada tanggal pelaporan (misalnya akhir bulan), dan mencakup seluruh pengeluaran yang terjadi termasuk biaya langsung, overhead, dan lain-lain. Kesimpulannya, biaya aktual adalah jumlah yang dikelurakan atau anggaran yang benar-benar dikeluarkan guna pengoperasian periode tertentu (Sudarsana, 2008).

b. Nilai Hasil (*Earned Value - EV*)

Budgeted Cost of Work Performed (BCWP) atau nilai hasil adalah nilai dari pekerjaan yang telah selesai jika dihitung berdasarkan anggaran yang direncanakan untuk pekerjaan tersebut. EV menunjukkan seberapa besar pekerjaan yang seharusnya telah diselesaikan dengan anggaran yang dialokasikan. Membandingkan metrik AC dan EV memungkinkan anda membandingkan

anggaran yang diperlukan untuk pekerjaan yang diselesaikan dengan anggaran yang diperlukan untuk melakukannya (Sudarsana, 2008.)

c. Jadwal Anggaran (*Planned Value - PV*)

Budgeted Cost of Work Scheduled (BCWS) atau jadwal anggaran adalah nilai anggaran yang direncanakan untuk dilaksanakan pada waktu tertentu. PV menunjukkan berapa besar anggaran yang seharusnya telah digunakan untuk pekerjaan berdasarkan jadwal perencanaan. PV merupakan hasil integrasi antara biaya, jadwal, dan lingkup pekerjaan, serta menjadi dasar perbandingan terhadap EV dan AC.

d. Varians Biaya dan Jadwal Terpadu

Untuk mengatasi keterbatasan dari analisis varians tradisional yang hanya membandingkan biaya atau jadwal secara terpisah, metode EVM mengintegrasikan PV, EV, dan AC untuk menghitung dua indikator penting, yaitu *Cost Variance* (CV) dan *Schedule Variance* (SV).

1. Varians Biaya (*Cost Variance - CV*)

Varian biaya adalah perbedaan antara nilai yang didapatkan setelah penyelesaian sekumpulan tugas dan biaya aktual yang dikeluarkan selama pelaksanaan proyek (Pujihastuti & Priyo, 2012) *Cost Varians* dirumuskan sebagai berikut :

$$CV=EV-AC \text{ atau } CV=BCWP-ACWP \dots\dots\dots(2.1)$$

(sumber: PMBOK, 2017)

Interpretasi:

- $CV < 0 \rightarrow \text{Cost Overrun}$ (biaya aktual lebih besar dari anggaran)
- $CV = 0 \rightarrow$ Biaya aktual sesuai rencana
- $CV > 0 \rightarrow \text{Cost Underrun}$ (biaya aktual lebih kecil dari anggaran)

2. Varians Jadwal (*Schedule Variance* - SV)

Variasi jadwal dipergunakan untuk memperhitungkan deviasi antara PV dan EV (Pujihastuti & Priyo, 2012). *Schedule variance* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$SV = EV - PV \text{ atau } SV = BCWP - BCWS \dots\dots\dots(2.2)$$

Interpretasi:

- $SV < 0 \rightarrow$ Proyek terlambat dari jadwal
- $SV = 0 \rightarrow$ Proyek berjalan tepat waktu
- $SV > 0 \rightarrow$ Proyek lebih cepat dari jadwal

e. Indeks Produktivitas Dan Kinerja

Manajemen pelaksana sering menginginkan seberapa efisien pemanfaatan sumber daya. Ini bisa ditunjukkan dalam indeks produktivitas atau, indeks efisiensi. Indeks kinerja meliputi indeks, kinerja biaya (CPI) serta indeks kinerja jadwal (SPI). Analisis ini berpedoman pada analisis indeks kinerja oleh Soeharto (1997).

Indeks produktivitas kinerja mengukur sejauh mana proyek berjalan sesuai dengan anggaran dan jadwal. Dua indikator utama yang digunakan dalam *Earned Value Management* adalah:

- *Cost Performance Index (CPI)*

Menunjukkan efisiensi biaya proyek. Menurut Agatha & Dani, faktor seberapa efisien biaya yang keluar bisa dinyatakan dengan cara nilai pekerjaan yang terselesaikan (EV) dibandingkan dengan anggaran yang dibutuhkan selama jangka waktu bersamaan (AC). *Cost Performance Index* dirumuskan sebagai berikut:

$$CPI = EV/AC \text{ atau } CPI = BCWP/ACWP \dots\dots\dots (2.3)$$

- *Schedule Performance Index (SPI)*

Menunjukkan efisiensi jadwal proyek. Menurut Agatha & Dani, faktor efisiensi penyelesaian pekerjaan bisa dinyatakan dengan perbandingan nilai pekerjaan yang terselesaikan (EV) terhadap pengeluaran dana yang direncanakan (PV). *Schedule Performance Index* dirumuskan sebagai berikut:

$$SPI = EV/PV \text{ atau } SPI = BCWP/BCWS \dots\dots\dots (2.4)$$

Interpretasi nilai CPI dan SPI:

- < 1 → Proyek tidak efisien (biaya melebihi anggaran atau waktu lebih lama dari jadwal)
- $= 1$ → Proyek berjalan sesuai rencana
- > 1 → Proyek lebih efisien (biaya lebih rendah atau lebih cepat dari jadwal)

Catatan:

Semakin besar deviasi indeks dari angka 1, semakin besar penyimpangan dari rencana. Jika nilai CPI atau SPI jauh lebih tinggi dari 1, bisa jadi disebabkan oleh rencana yang terlalu konservatif atau tidak realistis.

f. Proyeksi Biaya dan Waktu Penyelesaian Proyek

Menurut Kurniawan, MI(2021) untuk mengantisipasi penyimpangan biaya dan waktu di masa mendatang, pengelola proyek dapat melakukan perhitungan proyeksi sebagai berikut:

1. *Estimate To Complete* (ETC)

Perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sisa pekerjaan:

$$ETC = (BAC - BCWP) / CPI \dots\dots\dots (2.5)$$

2. *Estimate At Completion* (EAC)

Estimasi total biaya proyek hingga selesai:

$$EAC = ACWP + ETC \dots\dots\dots (2.6)$$

3. *Estimate To Schedule* (ETS)

Estimasi waktu tambahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sisa pekerjaan:

$$ETS = \text{sisa waktu} / SPI \dots\dots\dots (2.7)$$

4. *Estimate At Schedule* (EAS)

Estimasi total durasi proyek hingga selesai:

$$EAS = \text{waktu selesai perencanaan} + ETS \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

- BAC = *Budget At Completion* → Total anggaran proyek
- EV (BCWP) = *Earned Value* → Nilai anggaran dari pekerjaan yang telah selesai
- AC (ACWP) = *Actual Cost* → Biaya aktual yang telah dikeluarkan
- PV (BCWS) = *Planned Value* → Anggaran berdasarkan jadwal
- CPI = *Cost Performance Index*
- SPI = *Schedule Performance Index*
- ETC = Estimasi biaya untuk menyelesaikan pekerjaan yang tersisa
- EAC = Estimasi total biaya proyek sampai selesai
- ETS = Estimasi waktu tambahan yang dibutuhkan
- EAS = Estimasi total waktu proyek

Sumber : *Project Management Institute, 2017. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide) (6th ed.).*

2.6. Kurva-S

Kurva S merupakan alat bantu visual yang umum digunakan dalam manajemen proyek untuk menggambarkan kemajuan pekerjaan secara kumulatif selama siklus proyek. Grafik ini menunjukkan hubungan antara waktu pelaksanaan dan volume pekerjaan (baik dari sisi biaya maupun fisik), yang ditampilkan dalam bentuk grafik berbentuk huruf “S”. Kurva ini dikembangkan oleh Warren T. Hannum berdasarkan hasil pengamatan terhadap sejumlah proyek konstruksi dari awal hingga selesai (Husein, 2009).

Secara grafis, sumbu horizontal (X) pada Kurva S menunjukkan waktu, sedangkan sumbu vertikal (Y) menunjukkan tingkat kemajuan pekerjaan proyek, yang biasanya diukur dalam satuan persentase atau akumulasi biaya yang telah dikeluarkan. Grafik ini sangat bermanfaat karena dapat memberikan gambaran yang cepat dan mudah dipahami mengenai progres proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, Kurva S sangat tepat digunakan sebagai alat pelaporan berkala, seperti laporan bulanan kepada pihak manajemen atau pimpinan proyek.

Menurut Husen (2009), Kurva S menyajikan kemajuan kerja dalam bentuk bobot kumulatif terhadap waktu. Bobot kegiatan sendiri merupakan nilai persentase dari keseluruhan pekerjaan proyek, yang digunakan untuk menilai tingkat kemajuan masing-masing aktivitas dalam proyek. Untuk membentuk Kurva S, data bobot kumulatif dari masing-masing kegiatan dipetakan terhadap waktu pelaksanaan, kemudian dihubungkan menjadi sebuah garis yang membentuk kurva berbentuk S.

2.6.1. Fase-fase Kurva S

Kurva S umumnya terdiri dari tiga fase utama, yaitu:

a. Fase pertumbuhan lambat (awal proyek)

Pada awal pelaksanaan proyek, aktivitas yang dilakukan masih terbatas pada tahap mobilisasi dan persiapan awal, sehingga kemajuan proyek relatif lambat.

b. Fase pertumbuhan cepat (pertengahan proyek)

Saat proyek memasuki tahap implementasi utama, kemajuan proyek meningkat pesat seiring dengan intensitas pekerjaan yang tinggi.

c. Fase pertumbuhan lambat kembali (akhir proyek)

Menjelang akhir proyek, laju kemajuan kembali melambat karena fokus pekerjaan berpindah pada penyelesaian detail, pengujian, dan pembersihan lokasi.

2.6.2. Manfaat dan Aplikasi Kurva S

Beberapa manfaat penting dari penggunaan Kurva S dalam proyek konstruksi antara lain:

- Pemantauan kinerja proyek: Kurva S memungkinkan manajer proyek untuk memantau perkembangan proyek secara visual. Posisi titik pada kurva setiap waktu tertentu menunjukkan sejauh mana proyek telah berjalan dibandingkan dengan jadwal.
- Perbandingan rencana dan aktual: Dengan membandingkan Kurva S rencana dan aktual, penyimpangan dalam jadwal atau biaya dapat teridentifikasi sejak dini. Hal ini memungkinkan dilakukannya tindakan korektif yang tepat waktu untuk mengembalikan proyek ke jalur yang benar.
- Estimasi waktu penyelesaian (*Estimate to Complete*): Berdasarkan tren pada Kurva S, manajer proyek dapat memperkirakan sisa waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek serta mengidentifikasi potensi keterlambatan.
- Fleksibilitas parameter: Selain untuk mengukur kemajuan fisik, Kurva S juga dapat digunakan untuk menggambarkan kemajuan dari segi biaya, penggunaan sumber daya, atau parameter lainnya yang relevan dengan proyek.
- Integrasi dengan perangkat lunak: Kurva S kini dapat dengan mudah dibuat dan dianalisis menggunakan perangkat lunak manajemen proyek seperti

Microsoft Project, Primavera, atau Excel. Perangkat lunak ini memungkinkan integrasi antara perencanaan dan data aktual proyek sehingga Kurva S dapat diperbarui secara otomatis.

2.6.3. Keterbatasan Kurva S

Meskipun Kurva S sangat berguna, grafik ini memiliki keterbatasan dalam menyajikan informasi detail tentang penyebab deviasi kemajuan proyek. Informasi yang disajikan cenderung bersifat umum, sehingga untuk analisis lebih mendalam, Kurva S perlu dikombinasikan dengan metode lain seperti *Earned Value Management* (EVM), yang dapat memberikan informasi kuantitatif terkait kinerja biaya dan waktu proyek (Husen, 2009).

2.7. Saluran U-Ditch

U-Ditch adalah salah satu jenis saluran beton pracetak berbentuk huruf “U” yang digunakan untuk sistem drainase terbuka. Komponen ini sering digunakan pada kawasan perkotaan yang membutuhkan sistem drainase tertutup dengan beban lalu lintas yang tinggi. U-Ditch tipe 200/200 berarti saluran memiliki dimensi lebar dan tinggi 200 cm. Cover gandar 10 ton menunjukkan kemampuan saluran menahan beban kendaraan dengan beban gandar maksimal 10 ton.