

PENERAPAN MATRIKS UNTUK MONITORING PROYEK DENGAN KONSEP NILAI HASIL PADA PEMBANGUNAN GEDUNG DEKANAT FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BRAWIJAYA

M. Hamzah Hasyim, Saifoe El Unas, Nur Cahyono
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang
Jl. MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail : mohammadhamzah_hasyim@yahoo.co.au

ABSTRAK

Proyek konstruksi adalah sesuatu yang tidak menentu, banyak faktor yang mempengaruhinya di luar perkiraan. Monitoring mutlak diperlukan dalam rangka mencapai target keuntungan tanpa mengurangi kualitas yang telah disepakati dalam kontrak. Konsep nilai hasil adalah salah satu cara untuk mengetahui perkembangan proyek dengan membentuk tiga indikator, yaitu BCWS, BCWP, dan ACWP. Metode matriks merupakan salah satu cara perencanaan dan kontrol proyek yang estimasinya ditujukan pada biaya, waktu, dan evaluasi proyek. Metode matriks dan konsep nilai hasil merupakan penelitian yang terpisah sehingga diperlukan penelitian tentang penerapan matriks untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil. Penelitian ini diarahkan untuk mengetahui cara menyusun BCWS dan BCWP dengan persamaan matriks sehingga dapat digunakan sebagai input untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil. Objek studi penelitian adalah Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Untuk menyusun BCWS dan BCWP harus dibentuk tiga matriks dasar yaitu matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan (Q_{wxm}), matriks harga satuan pekerjaan terhadap komponen biaya (U_{wxa}), dan matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}). Dengan operasi matriks, dari ketiga matriks dasar tersebut dapat diintegrasikan antara waktu dan biaya sehingga diperoleh matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}). BCWS diperoleh dengan mengalikan C_{wxt}^T dengan matriks satuan pekerjaan (I_{wxl}). BCWP diperoleh dengan merubah matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}) sesuai prestasi fisik yang diperoleh dari laporan mingguan. Sedangkan ACWP diperoleh dari laporan keuangan proyek. Dari ketiganya dapat dihitung varians biaya, varians jadwal, indeks kinerja biaya, dan indeks kinerja jadwal serta perkiraan biaya total proyek.

Dengan konsep nilai hasil, diketahui perkembangan proyek pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pada tiga minggu pertama pelaksanaan proyek, prestasi fisik yang diperoleh cukup baik (indeks kinerja jadwal/SPI lebih dari satu) namun biaya yang dikeluarkan melebihi anggarannya. Prestasi mulai memburuk pada minggu ke-4 dan selanjutnya, namun biaya aktual yang dikeluarkan relatif dibawah anggaran. Kondisi ini berubah pada minggu terakhir pelaksanaan proyek (minggu ke-17), karena ternyata pihak kontraktor mampu menyelesaikan proyek tepat waktu (nilai SPI = 1) dengan nilai indeks kinerja biaya (CPI) sebesar 1,46% yang berarti kontraktor pelaksana mendapatkan keuntungan 4,6% dari nilai akhir BCWS atau sebesar Rp 206.390.993,65.

Kata kunci : matriks, monitoring proyek, konsep nilai hasil

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proyek konstruksi berkembang semakin besar dan rumit baik dari segi fisik maupun biaya. Pada prakteknya suatu proyek mempunyai keterbatasan

akan sumber daya, baik berupa manusia, material, biaya ataupun alat. Hal ini membutuhkan manajemen proyek mulai dari fase awal hingga fase penyelesaian proyek. Dengan meningkatnya tingkat kompleksitas proyek dan semakin langkanya sumber daya, maka dibutuhkan juga

peningkatan sistem pengelolaan proyek yang baik dan terintegrasi (Ahuja et al., 1994).

Perencanaan dan pengendalian biaya dan waktu merupakan bagian dari manajemen proyek konstruksi secara keseluruhan. Selain penilaian dari segi kualitas, prestasi suatu proyek dapat pula dinilai dari segi biaya dan waktu. Biaya yang telah dikeluarkan dan waktu yang digunakan dalam menyelesaikan suatu pekerjaan harus diukur secara kontinyu untuk melihat penyimpangannya terhadap rencana. Adanya penyimpangan biaya dan waktu yang signifikan mengindikasikan pengelolaan proyek yang buruk. Dengan adanya indikator prestasi proyek dari segi biaya dan waktu ini memungkinkan tindakan pencegahan agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan rencana (Biemo W. et al., 2004).

Konsep nilai hasil merupakan salah satu cara yang digunakan dalam pengelolaan proyek yang mengintegrasikan biaya dan waktu. Konsep ini menyajikan tiga dimensi yaitu penyelesaian fisik dari proyek (*the percent complete*) yang mencerminkan rencana penyerapan biaya (*budgeted cost*), biaya aktual yang sudah dikeluarkan (*actual cost*), serta apa yang yang didapatkan dari biaya yang sudah dikeluarkan atau yang disebut *earned value*. Dari ketiga dimensi tersebut, dengan konsep nilai hasil dapat dihubungkan antara kinerja biaya dengan waktu yang berasal dari perhitungan varian biaya dan waktu (Flemming dan Koppelman, 1994). Perhitungan varians dan indeks kinerja biaya dan waktu diperoleh dari indikator-indikator perkembangan proyek, yang meliputi *actual cost* (ACWP), *earned value* (BCWP), dan *budgeted cost* (BCWS).

Perkembangan riset mengenai hubungan antara biaya dan waktu telah

dilakukan beberapa penelitian. Metode matriks merupakan salah satu penemuan yang berkembang sebagai perencanaan dan kontrol proyek yang estimasinya ditujukan pada biaya, waktu, dan evaluasi ekonomi proyek dengan operasi matriks. Pengolahan antara waktu dan biaya pada metode ini dapat saling terintegrasi yang pada akhirnya menghasilkan matrik biaya pekerjaan terhadap waktu (Lee, Hyun-Soo & Yi, dan Kyoo Jin.1999). Dari matrik biaya pekerjaan terhadap waktu tersebut dapat dibentuk indikator-indikator perkembangan proyek meliputi BCWS dan BCWP yang dapat digunakan untuk input dalam perhitungan varians dan indeks kinerja pada konsep nilai hasil. Sedangkan ACWP diperoleh dari laporan keuangan proyek. Untuk mengetahui perkembangan proyek, dari ketiga indikator tersebut dihitung varians biaya (*cost varians*, CV) dan varians jadwal (*schedule varians*, SV) serta indeks kinerja biaya dan waktu.

Metode matrik dan konsep nilai hasil merupakan penelitian yang terpisah. Penelitian tentang metode matriks digunakan untuk mengintegrasikan antara waktu dan biaya baik pada perencanaan ataupun pengontrolannya. Penelitian mengenai konsep nilai hasil digunakan untuk monitoring dan evaluasi proyek baik secara manual maupun dengan membandingkan antara konsep nilai hasil dengan penggunaan software Primavera maupun Microsoft Project. Mempertimbangkan hal tersebut, dipandang penting dilakukan penelitian lanjutan mengenai penerapan matriks untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil.

Penggunaan matriks untuk evaluasi proyek dengan menggunakan konsep nilai hasil ini akan dicoba diaplikasikan pada proyek pembangunan Gedung

Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Dengan adanya selisih dana antara rencana dan pelaksanaan pada proyek pembangunan gedung tersebut, maka akan dimonitoring pelaksanaan proyek dengan konsep nilai hasil dari awal pelaksanaan hingga data terakhir yang dapat diperoleh dari proyek.

Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah, antara lain : objek studi adalah proyek pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, menggunakan matriks untuk memperoleh indikator-indikator pada konsep nilai hasil, data yang diperlukan meliputi RAB, *schedule* (kurva S), laporan mingguan, dan *actual cost* diperoleh dari kontraktor pelaksana dan tanpa ada perlakuan, dan monitoring yang akan dilakukan dari awal pelaksanaan hingga data terakhir yang dapat diperoleh dari proyek, serta tidak meninjau jika ada amandemen kontrak.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana menyusun matriks sehingga diperoleh input data untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil. Selain itu juga untuk mengetahui perkembangan proyek dan evaluasi dari hasil monitoring.

Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui cara menyusun matriks sehingga dapat diperoleh input data untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil. Selain itu juga untuk mengetahui perkembangan dan evaluasi proyek berdasarkan hasil monitoring dengan konsep nilai hasil.

TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Nilai Hasil

Konsep nilai hasil adalah konsep menghitung besarnya biaya yang menurut anggaran sesuai dengan pekerjaan yang telah diselesaikan atau dilaksanakan (*budgeted cost of works performed*). Dengan demikian rumusan nilai hasil adalah (Soeharto, 1998) :

Konsep nilai hasil dapat digunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat perkiraan pencapaian sasaran. Untuk itu digunakan 3 indikator, yaitu ACWP (*actual cost of work performed*), BCWP (*budgeted cost of work performed*), dan BCWS (*budgeted cost of work scheduled*) (Soeharto, 1998).

- **ACWP**

Adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan. Biaya ini diperoleh dari data-data akuntansi atau keuangan proyek pada tanggal pelaporan (misalnya, akhir bulan), yaitu catatan segala pengeluaran biaya aktual dari paket-paket pekerjaan termasuk perhitungan overhead dan lain-lain. Jadi, ACWP merupakan jumlah aktual dari pengeluaran atau dana yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan pada kurun waktu tertentu.

- **BCWP**

Indikator ini menunjukkan nilai hasil dari sudut pandang nilai pekerjaan yang telah diselesaikan terhadap anggaran yang disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut. Bila angka ACWP dibandingkan dengan BCWP, akan terlihat perbandingan antara biaya yang telah

dikeluarkan untuk pekerjaan yang telah terlaksana terhadap biaya yang seharusnya dikeluarkan untuk maksud tersebut.

- **BCWS**

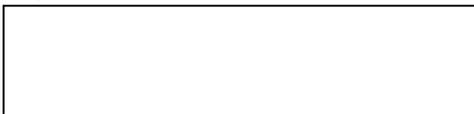
Angka ini menunjukkan anggaran untuk suatu paket pekerjaan, tetapi disusun dan dikaitkan dengan jadwal pelaksanaan. Di sini terjadi perpaduan antara biaya, jadwal, dan lingkup kerja, dimana pada setiap elemen pekerjaan telah diberi alokasi biaya dan jadwal yang dapat menjadi tolok ukur dalam pelaksanaan pekerjaan.

Dengan menggunakan 3 indikator di atas, dapat dihitung berbagai faktor yang menunjukkan kemajuan dan kinerja perusahaan proyek, seperti (Soeharto, 1998) :

- Varians biaya (CV) dan varians jadwal terpadu (SV).
- Memantau perubahan varians terhadap angka standar.
- Indeks produktifitas dan kinerja.
- Perkiraan biaya penyelesaian proyek.

Varians Biaya dan Varian Jadwal Terpadu

Rumus varians biaya dan varians jadwal adalah (Soeharto, 1998) :



Angka negatif varians biaya terpadu yang menunjukkan bahwa biaya lebih tinggi dari anggaran, disebut *cost overrun*. Angka nol menunjukkan pekerjaan terlaksana sesuai biaya. Sementara angka positif berarti pekerjaan terlaksana dengan biaya kurang dari pada anggaran, yang disebut *cost underrun*. Demikian juga halnya dengan jadwal, angka negatif berarti terlambat, angka nol berarti

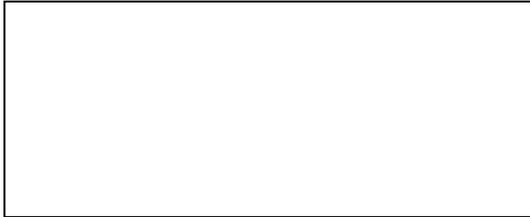
tepat, dan angka positif berarti lebih cepat dari pada rencana. Tabel 2.1 menunjukkan rincian analisis varians terpadu tersebut.

Tabel 2.1 Analisis Varian Terpadu

Varians Jadwal SV = BCWP - BCWS	Varians Biaya SV = BCWP - ACWP	Keterangan
+	+	Pekerjaan terlaksana lebih cepat dengan biaya lebih kecil dari pada anggaran
0	+	Pekerjaan terlaksana tepat sesuai jadwal dengan biaya lebih kecil dari pada anggaran
+	0	Pekerjaan terlaksana lebih cepat dengan biaya tepat sesuai anggaran
0	0	Pekerjaan terlaksana tepat sesuai jadwal dan rencana
-	-	Pekerjaan terlaksana lebih lambat dengan biaya lebih besar dari pada anggaran
0	-	Pekerjaan terlaksana tepat sesuai jadwal dengan biaya lebih besar dari pada anggaran
-	0	Pekerjaan terlaksana lebih lambat dengan biaya tepat sesuai anggaran
+	-	Pekerjaan terlaksana lebih cepat dengan biaya lebih besar dari pada anggaran

Indeks Produktifitas dan Kinerja

Indeks produktifitas atau indeks kinerja digunakan untuk mengetahui efisiensi penggunaan sumber daya. Rumus-rumusnya adalah sebagai berikut (Soeharto, 1998) :



- **Cost Performance Index (CPI)**

CPI adalah faktor efisiensi biaya yang telah dikeluarkan dapat diperlihatkan dengan membandingkan nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan biaya yang telah dikeluarkan dalam periode yang sama (ACWP) (Biemo W. et al, 2004).

Nilai CPI ini menunjukkan bobot nilai yang diperoleh (relatif terhadap nilai proyek keseluruhan) terhadap biaya yang dikeluarkan. CPI kurang dari 1 menunjukkan kinerja biaya yang buruk, karena biaya yang dikeluarkan (ACWP) lebih besar dibandingkan dengan nilai yang didapat (BCWP) atau dengan kata lain terjadi pemborosan (Biemo W. et al, 2004).

- **Schedule Performance Index (SPI)**

SPI adalah faktor efisiensi kinerja dalam menyelesaikan pekerjaan dapat diperlihatkan oleh perbandingan antara nilai pekerjaan yang secara fisik telah diselesaikan (BCWP) dengan rencana pengeluaran biaya yang dikeluarkan berdasar rencana pekerjaan (BCWS) (Biemo W. et al, 2004).

Nilai SPI menunjukkan seberapa besar pekerjaan yang mampu diselesaikan (relatif terhadap proyek

keseluruhan) terhadap satuan pekerjaan yang direncanakan. Nilai SPI kurang dari 1 menunjukkan bahwa kinerja pekerjaan tidak sesuai dengan yang diharapkan karena tidak mampu mencapai target pekerjaan yang sudah direncanakan (Biemo W. et al., 2004).

Proyeksi Biaya dan Jadwal Akhir Proyek

Berdasarkan hasil analisis indikator-indikator yang diperoleh pada saat pelaporan yang meliputi (Soeharto, 1998) :

- a. Kemajuan fisik aktual dihitung berdasarkan anggaran yang dialokasikan atau BCWP.
- b. Pengeluaran tercatat pada sistem akuntansi atau ACWP.
- c. Perencanaan dan anggaran yang mengkaitkan jadwal dengan biaya atau BCWS.

Akan diperoleh proyeksi mengenai akhir proyek atas dasar angka yang didapat pada saat pelaporan. Perkiraan tidak dapat memberikan jawaban dengan angka yang tepat karena didasarkan atas berbagai asumsi, sehingga tergantung dari akurasi asumsi yang dipakai (Soeharto, 1998).

Dalam membuat proyeksi digunakan rumus-rumus sebagai berikut (Soeharto, 1998) :

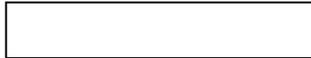
- Anggaran proyek keseluruhan = Ang.
- Anggaran untuk pekerjaan tersisa = $Ang - BCWP$.
- Indeks kinerja biaya (CPI) = $BCWP / ACWP$.

Bila kinerja biaya pada pekerjaan tersisa dianggap tetap seperti pada saat pelaporan, maka perkiraan biaya untuk pekerjaan tersisa (ETC) adalah sama besar dengan anggaran pekerjaan tersisa dibagi indeks kinerja biaya, atau dapat ditulis (P Candra, 2003) :

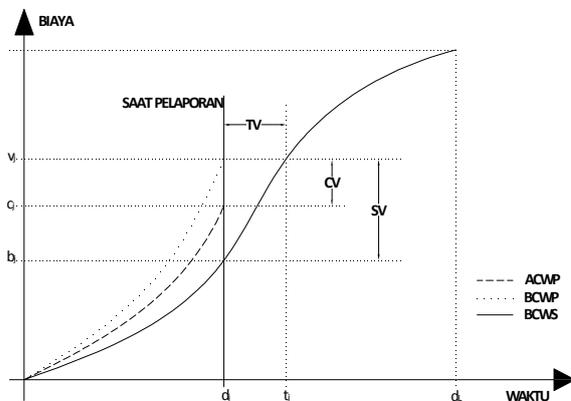


Dimana BAC adalah *Budget At Completions* yang besarnya sama dengan BCWS pada akhir selesainya proyek.

Jadi perkiraan total biaya proyek (EAC) adalah sama dengan jumlah pengeluaran sampai pada saat pelaporan ditambah perkiraan biaya untuk pekerjaan tersisa, atau dapat ditulis, (Soeharto, 1998) :



Grafik yang menghubungkan antara nilai ACWP, BCWP, dan BCWS dengan komulatif waktu yang menyerupai kurva S dapat dilihat pada gambar 2.1. Dari grafik tersebut dapat diketahui besarnya CV (Cost Varians), SV (Schedule Varians), serta TV (Time Varians) pada masing-masing waktu pengamatan (Barraza A, 2000).



Gambar 2.1 Kurva S Berdasarkan Waktu (Time-Based)

Sumber : Gabriel A Barraza dkk, 2000

Persamaan Matriks

Persamaan-persamaan matriks dalam monitoring proyek ini adalah untuk menyusun 2 indikator konsep nilai hasil, yaitu BCWS dan BCWP. Sedangkan ACWP diperoleh dari laporan keuangan proyek selama masa

pelaporan berlangsung. Semua persamaan dan operasi matriks yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari *Journal of Construction Engineering and Manajement*, Vol.125, No. 5.September/Oktober, 1999.

Penyusunan matriks mengikuti aturan sebagai berikut :

1. Notasi Matriks

Matriks dinyatakan dengan M_{vxh} yang berarti bahwa matriks M mempunyai dimensi vxh dimana v adalah jumlah baris dan h adalah jumlah kolom seperti yang ditunjukkan dalam penulisan matriks di bawah ini :

$$M_{vxh} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{1h} \\ m_{21} & m_{22} & m_{2h} \\ m_{v1} & m_{v2} & m_{vh} \end{bmatrix}$$

2. Matriks dibagi ke dalam tiga model dasar :

1. Matriks Kuantitas (*Quantity Matrix*) Q :

Matriks ini berisi kuantitas atau volume pekerjaan dengan dimensi seperti panjang, luas, berat, dan sebagainya. Matriks ini digunakan sebagai dasar perhitungan perkiraan biaya.

2. Matriks Harga Satuan (*Unit Cost Matrix*) U dan matriks biaya (*Cost Matrix*) C :

Matriks ini dibentuk dari item-item biaya. Harga satuan adalah biaya setiap satu satuan pekerjaan sedangkan biaya pekerjaan diperoleh dari kuantitas pekerjaan dikalikan dengan harga satuan.

3. Matriks Progress Rasio (*Progress Ratio Matrix*) R :

Setiap sel pada masing-masing baris matriks ini merupakan rasio dari progres pekerjaan. Jadi jumlah seluruh sel dalam satu baris pada matriks ini sama dengan 1.

3. Setiap baris dan kolom dari sebuah matriks adalah salah satu dari item-item berikut :
 - Macam pekerjaan (*work package*), dengan notasi : **w**
 - Elemen bangunan (*building element*), dengan notasi : **m**
 - Komponen biaya (*cost account*), dengan notasi : **a**
 - Jangka waktu (*time span*), dengan notasi : **t**
4. Penyebutan dari masing-masing matriks akan didasarkan pada aturan berikut : "[tipe matriks] [baris] terhadap [kolom]". Sebagai contoh : C_{wxa} disebut matriks "biaya pekerjaan terhadap komponen biaya" yang menunjukkan biaya satu macam pekerjaan untuk setiap komponen biaya. Untuk matriks yang mempunyai baris dan kolom identik, cara menyebutnya adalah : "[tipe matriks] [baris atau kolom]". Sebagai contoh : U_{wxw} disebut matriks "harga satuan pekerjaan".
5. Setiap sel dalam matriks mempunyai satuan sendiri tergantung dari fungsinya. Misalnya : satuan dari matriks biaya adalah mata uang (rupiah) sedangkan matriks progress rasio tidak mempunyai satuan. Perkalian antara dua matriks dibatasi pada adanya keterkaitan antara satuan dari dua matriks tersebut. Misalnya : perkalian antara matriks kuantitas dengan matriks harga satuan diperbolehkan, akan tetapi perkalian

antara matriks kuantitas dengan matriks biaya tidak diperbolehkan, seperti ditunjukkan di bawah ini :
 $Q.U$ (boleh) $Q.C$ (tidak boleh) (2-1)

Matriks-matriks Dasar

Sekumpulan data diperlukan untuk membentuk matriks-matriks dasar yang akan dipergunakan dalam perhitungan. Dimensi dari struktur bangunan seperti panjang, luas, berat, dan sebagainya digunakan untuk membentuk matriks kuantitas. Untuk membuat estimasi biaya diperlukan data-data seperti harga satuan dan komponen biaya. Data lainnya seperti progres rasio pekerjaan untuk setiap jangka waktu (misalnya : hari, minggu, bulan) diperlukan untuk persiapan membuat *schedule*. Data-data tersebut merupakan data dasar yang dapat disusun dalam bentuk matriks sebagai berikut (Lee, Hyun-Soo & Yi, dan Kyoo Jin.1999) :

1. Matriks Kuantitas Pekerjaan terhadap Elemen Bangunan :

$$Q_{wxm} = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{w1} & q_{w2} & \dots & q_{wm} \end{pmatrix}$$

Matriks ini menunjukkan berapa banyak pekerjaan yang telah dilakukan pada tiap-tiap elemen bangunan. Matriks ini disusun dari kolom untuk menyatakan paket-paket pekerjaan dan baris untuk komponen bangunan. Bagian-bagian yang berisi dimensi komponen berdasarkan terhadap hubungannya dengan masing-masing paket pekerjaan. Sebagai contoh, sebuah sel sembarang q_{ij} dari matriks Q_{wxm} menampilkan

kuantitas pekerjaan dari paket pekerjaan i pada komponen bangunan j , dimana $i = 1, \dots, w, j = 1, \dots, w$ serta w dan m adalah jenis dari paket pekerjaan dan elemen bangunan. Satuan dari matriks ini adalah satuan dari jenis-jenis pekerjaan seperti : panjang, volume, berat dan lain-lain.

2. Matriks Harga Satuan Pekerjaan terhadap Komponen Biaya :

$$U_{w \times a} = \begin{pmatrix} u_{11} & u_{12} & \dots & u_{1a} \\ u_{21} & u_{22} & \dots & u_{2a} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ u_{w1} & u_{w2} & \dots & u_{wa} \end{pmatrix}$$

Matriks ini adalah daftar dari biaya satuan dari paket pekerjaan yang ditampilkan dalam bentuk matriks. Matriks ini disusun berupa kolom paket pekerjaan dan baris merupakan perhitungan biaya. Sel u_{ij} menyatakan biaya satuan dari paket pekerjaan i per j perhitungan biaya, dimana $i = 1, \dots, w, j = 1, \dots, a$ serta w dan a adalah jenis dari paket pekerjaan dan perhitungan biaya. Satuan dari matriks ini adalah mata uang seperti dolar (\$), rupiah (Rp) dan lain-lain.

3. Progress Rasio Pekerjaan terhadap Waktu : $R_{w \times t}$

$$R_{w \times t} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1t} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2t} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mt} \end{pmatrix}$$

Matriks ini adalah sebuah jadwal yang menunjukkan kapan sebuah komponen pekerjaan dibangun dan waktu yang dibutuhkan.

Tiap sel dari matriks mewakili rasio kemajuan pekerjaan pada tiap-tiap item kolom. Jumlah dari masing-masing baris adalah 1. Tiap-tiap item kolom dan baris menyatakan komponen bangunan dan rentang waktu (contoh : minggu, bulan) berturut-turut, sel r_{ij} menyatakan rasio kemajuan pekerjaan dari komponen i selama rentang waktu j . Jika tidak ada kemajuan pekerjaan sepanjang rentang waktu j maka $r_{ij} = 0$. Jumlah dari masing-masing baris adalah 1. Dalam pernyataan matematis ditulis :

$$\sum_{j=1}^1 r_{ij} = 1 \text{ atau } R_{w \times t} \times I_{t \times 1} = I_{w \times 1} \dots \dots \dots (2-5)$$

Dimana I = vektor satuan, $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, t$ serta m dan j adalah jenis dari komponen rentang waktu. Sebagai contoh : jika sebuah komponen dinamakan A direncanakan dibangun dari bulan 5 ke bulan 9 dan diharapkan kemajuan pekerjaan sebesar 16% diharapkan dari bulan 5 ke 8 dan sisanya diharapkan sebesar 35% pada bulan 9, maka $r_{15}, r_{16}, r_{17}, r_{18} = 0$, dan $r_{19} = 0.36$. sisa sel dari komponen bangunan A adalah 0.

Aplikasi Matriks

Dengan matriks-matriks dasar, memungkinkan untuk membuat beberapa informasi yang dibutuhkan dalam manajemen proyek. Berikut ini beberapa contoh :

1. Kuantitas Pekerjaan

Matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan dikalikan dengan unit vektor akan menghasilkan matriks Kuantitas Pekerjaan $Q_{w \times 1}$ seperti

ditunjukkan dalam persamaan (2-6). Matriks ini adalah sebuah vektor baris yang menunjukkan besarnya kuantitas pekerjaan dari setiap macam pekerjaan. Satuan dari matriks ini sama dengan satuan dari kuantitas pekerjaan yang sesuai, seperti volume, panjang, berat, dan sebagainya.

$$Q_{wxm} \cdot I_{mx1} = Q_{wx1} \quad (2-6)$$

2. Harga Satuan Pekerjaan
Seperti pada persamaan (2-7), matriks harga satuan pekerjaan terhadap komponen biaya dikalikan dengan unit vektor menghasilkan matriks harga satuan pekerjaan U_{wx1} seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (2-7). Vektor baris ini menunjukkan harga satuan untuk setiap macam pekerjaan. Satuan dari matriks ini adalah mata uang (rupiah).

$$U_{wxa} \cdot I_{ax1} = U_{wx1} \quad (2-7)$$

3. Biaya Pekerjaan terhadap Elemen Bangunan
Vektor kolom harga satuan pekerjaan U_{wx1} dapat dikonversikan ke matriks simetris U_{wxw} . Matriks harga satuan pekerjaan dikalikan dengan matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan menghasilkan matriks biaya/harga terhadap elemen bangunan sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan (2-9).

$$U_{wx1} \longrightarrow U_{wxw} \quad (2-8)$$

$$U_{wxw} \cdot Q_{wxm} = C_{wxm} \quad (2-9)$$

4. Biaya Elemen Bangunan
Transpose matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan dikalikan dengan vector satuan menghasilkan vektor baris biaya elemen bangunan seperti ditunjukkan

dalam persamaan (2-10). Setiap sel dari vektor baris ini merupakan biaya dari setiap elemen bangunan. Vektor baris ini dapat dikonversikan menjadi matriks simetris seperti ditunjukkan dalam persamaan (2-11).

$$C_{wxm}^T \cdot I_{wx1} = C_{mx1} \quad (2-10)$$

$$C_{mx1} \longrightarrow C_{mxm} \quad (2-11)$$

Integrasi Waktu dan Biaya

Aplikasi dari matriks-matriks tersebut di atas selanjutnya dapat digunakan untuk mengintegrasikan waktu dan biaya. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut (Lee, Hyun-Soo & Yi, dan Kyoo Jin.1999) :

- Biaya Pekerjaan terhadap Waktu Matriks diagonal biaya pekerjaan dikalikan dengan matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu menghasilkan matriks biaya pekerjaan terhadap waktu sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan (2-12). Juga dimungkinkan untuk menghasilkan matriks yang sama dengan mengalikan matriks simetris harga satuan pekerjaan dengan matriks kuantitas pekerjaan terhadap waktu seperti ditunjukkan dalam persamaan (2-13). Matriks ini disusun dari biaya dari setiap macam pekerjaan yang dikerjakan pada tiap rentang waktu.

$$C_{wxm} \cdot R_{mxt} = C_{wxt} \quad (2-12)$$

$$U_{wxw} \cdot Q_{wxt} = C_{wxt} \quad (2-13)$$

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian dalam skripsi ini secara berurutan adalah :

1. Studi Literatur

Studi literatur ini yaitu pengumpulan teori-teori yang

berkaitan dengan permasalahan yang akan dibahas dalam kajian ini meliputi *Journal of Construction Engineering and management* oleh Lee, Hyun-Soo & Yi, dan Kyoo Jin pada tahun 1999 dan sumber-sumber penunjang lainnya yang berhubungan dengan konsep nilai hasil.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan semua data yang dibutuhkan sehingga diharapkan mampu mendukung penyelesaian permasalahan yang dibahas. Data yang diperlukan meliputi :

- a. Data primer yang meliputi data hasil pengamatan langsung dari jumlah tenaga kerja, material, dan peralatan yang dipakai pada saat proyek berlangsung dan melakukan wawancara langsung dengan pihak kontraktor pelaksana untuk mendapatkan biaya tak langsung.
- b. Data sekunder yang meliputi : jadwal perencanaan proyek/*schedule* (kurva S), jadwal pelaksanaan proyek, Rencana Anggaran Biaya beserta analisa harga satuan, realisasi biaya (*actual cost*) setiap laporan progress mingguan dibuat.

3. Pembentukan Tiga Matriks Dasar

Dari data yang diperoleh akan dibentuk tiga matrik dasar, yaitu :

1. Matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan (Q_{wxm})
Matriks ini menunjukkan berapa banyak pekerjaan yang akan dilakukan pada tiap-tiap elemen bangunan. Untuk penyusunan

matriks ini diperoleh dari data RAB.

2. Matriks harga satuan pekerjaan terhadap biaya (U_{wxa})

Matriks ini adalah daftar dari biaya satuan dari paket pekerjaan yang ditampilkan dalam bentuk matriks. Untuk penyusunan matriks ini diperoleh dari data analisa harga satuan untuk tiap-tiap paket pekerjaan yang akan dilaksanakan.

3. Matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt})

Matriks ini diperoleh dari data *schedule* proyek. Tiap-tiap sel dari matriks tersebut adalah rasio dari progress kerja yang ada, dimana jumlah total untuk satu baris dalam satu elemen pekerjaan sama dengan satu.

4. Aplikasi Matriks

Dengan melakukan operasi pada matriks dasar tersebut akan didapat matriks baru yaitu matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan (C_{wxm}). Matriks ini diperoleh dari perkalian matrik harga satuan pekerjaan dengan matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan. Operasi matriks yang digunakan untuk membentuk matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan adalah

$$\begin{aligned} U_{wxa} \cdot I_{ax1} &= U_{wx1} \\ U_{wx1} &\longrightarrow U_{wxw} \\ C_{wxm} &= U_{wxw} \cdot Q_{wxm} \end{aligned}$$

5. Integrasi Waktu dan Biaya

Dalam tahap ini akan dibentuk matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}). Matriks ini diperoleh dari perkalian matrik diagonal biaya pekerjaan dengan matrik

progress rasio pekerjaan terhadap waktu. Matriks ini menunjukkan biaya dari setiap macam pekerjaan yang dikerjakan pada tiap rentang waktu. Operasi matriks yang digunakan untuk membentuk matrik biaya pekerjaan terhadap waktu adalah :

$$C_{wxt} = C_{wxw} \cdot R_{wxt}$$

6. Penyusunan Indiaktor-indikator Perkembangan Proyek

Dari matriks biaya pekerjaan terhadap waktu dan matrik biaya elemen bangunan terhadap waktu dibuat BCWP dan BCWS. Dari laporan keuangan harian proyek diperoleh *actual cost* yang selanjutnya ditabulasikan secara rapi menjadi ACWP. Kemudian ketiga indikator tersebut diplotkan ke dalam grafik S untuk tiap-tiap masa pelaporan.

7. Analisa Varians dan Indeks Kinerja

Analisa data dilakukan dengan menggunakan rumusan yang ada dalam konsep nilai hasil sehingga diperoleh varian biaya, varian jadwal, indeks kinerja biaya, dan indeks kinerja jadwal.

8. Menganalisa hasil penelitian

Menganalisa hasil penelitian untuk mengetahui perkembangan proyek berdasarkan hasil perhitungan pada konsep nilai hasil tersebut.

PENGOLAHAN DATA

1. Matriks dasar

Sebagaimana telah disebutkan dalam bab III, bahwa diperlukan tiga matriks dasar dalam integrasi *schedule* dan biaya proyek, yaitu :

1. Matriks Kuantitas Pekerjaan terhadap Elemen Bangunan : Q_{wxm}
Matriks ini disusun dari data kuantitas pekerjaan untuk setiap elemen bangunan pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) proyek. Matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan dapat dilihat pada tabel 4.1.
2. Matriks Harga Satuan Pekerjaan terhadap Komponen Biaya : U_{wxa}
Matriks ini disusun dari data analisa harga satuan pekerjaan pada lampiran. Matriks harga satuan pekerjaan terhadap komponen biaya menyatakan nilai komponen-komponen biaya untuk tiap-tiap paket pekerjaan. Matriks ini dapat dilihat pada tabel 4.2.
3. Matriks Progress Rasio Pekerjaan terhadap Waktu : R_{wxt}
Dari data *schedule* pelaksanaan pada lampiran dapat dibuat matriks Progress Rasio Pekerjaan terhadap Waktu seperti terlihat pada tabel 4.3.

2. Aplikasi Matriks

Matriks-matriks dasar dapat diaplikasikan dengan cara memberlakukan operasi matematis yaitu perkalian antara dua matrik sehingga diperoleh informasi yang diperlukan dalam manajemen proyek. Informasi yang dihasilkan dalam kajian ini adalah :

1. Matriks Harga Satuan Pekerjaan (U_{wx1})
Matrik harga satuan pekerjaan diperoleh dari perkalian antara matriks harga satuan pekerjaan

terhadap komponen biaya (U_{wxa}) dengan vektor satuan I_{ax1} seperti ditunjukkan dalam persamaan (2-7).

Informasi yang didapat dari matriks harga satuan pekerjaan adalah besarnya biaya satu satuan volume pekerjaan untuk setiap pekerjaan yang dilaksanakan dalam proyek. Matriks ini dapat dilihat pada tabel 4.4.

2. Matriks Biaya Pekerjaan terhadap Elemen Bangunan (C_{wxm})

Matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan (C_{wxm}) diperoleh dari perkalian antara matriks diagonal harga satuan pekerjaan (U_{wxw}) dengan matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan (Q_{wxm}) seperti ditunjukkan dalam persamaan (2-8) dan (2-9). Setelah diperoleh matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan dari operasi perkalian tersebut, maka dibentuk lagi matriks serupa dengan memasukkan nilai koefisien pengali untuk masing-masing lantai, yaitu : 1.00 (lantai 1), 1.09 (lantai 2), 1.12 (lantai 3), 1.14 (lantai 4), 1.16 (lantai 5), dan 1.18 (lantai 6). Matriks diagonal U_{wxw} adalah matriks bujur sangkar yang sel-sel lainnya diisi angka nol. Matriks U_{wxw} diperoleh dengan merubah matriks U_{wx1} menjadi matriks diagonal.

Informasi yang didapat dari matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan adalah besarnya biaya setiap pekerjaan pada masing-masing elemen bangunan untuk keseluruhan proyek. Matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan tanpa koefisien pengali dapat dilihat pada tabel 4.5. Sedangkan matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan dengan memasukkan koefisien pengali

untuk masing-masing lantai dapat dilihat pada tabel 4.6.

3. Integrasi Waktu dan Biaya dengan Persamaan Matriks

Informasi-informasi di atas adalah mengenai biaya pekerjaan yang tidak berhubungan dengan waktu pelaksanaan pekerjaan. Hal ini masih belum menunjukkan integrasi antara waktu dan biaya proyek. Integrasi waktu dan biaya dapat dilakukan dengan cara perkalian antara dua matriks dasar.

Informasi yang dihasilkan dari integrasi biaya dan waktu ini adalah matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}). Matriks ini diperoleh dari perkalian antara matriks diagonal biaya pekerjaan (C_{wxw}) dengan matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}) seperti yang ditunjukkan dalam persamaan (2-13). Matriks diagonal biaya pekerjaan (C_{wxw}) diperoleh dengan merubah matriks biaya pekerjaan (C_{wx1}) menjadi matriks diagonal. Sedangkan matriks biaya pekerjaan (C_{wx1}) diperoleh dari perkalian antara matriks biaya pekerjaan terhadap elemen bangunan (C_{wxm}) dengan matriks satuan elemen bangunan (I_{mx1}). Matriks biaya pekerjaan (C_{wx1}) dapat dilihat pada tabel 4.7.

Dari matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}) diperoleh informasi besarnya biaya masing-masing pekerjaan dalam setiap satu satuan waktu pelaksanaan. Biaya yang didapat masih berdasarkan tingkat harga pada satu tahun ketika proyek belum dikerjakan. Matriks biaya pekerjaan terhadap waktu ini dapat dilihat pada tabel 4.8.

a. BCWS dengan Persamaan Matriks

BCWS (*budgeted cost of works performance*) adalah anggaran untuk suatu paket pekerjaan berdasarkan jadwal pelaksanaan. BCWS diperoleh dari perkalian Tranpose matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}^T) rencana dengan matriks satuan pekerjaan (I_{wx1}). Jika ditulis dalam bentuk matematis adalah :

$$C_{wxt}^T \cdot I_{wx1} = C_{txw} \cdot I_{wx1} = C_{tx1}$$

(atau BCWS)

C_{tx1} adalah matriks total biaya persatuan waktu. Matriks C_{tx1} berupa matriks kolom dengan baris t yang menyatakan periode waktu proyek. Elemen-elemen yang terdapat didalamnya adalah biaya total (anggaran) untuk tiap periode waktu atau disebut BCWS. BCWS dapat dilihat pada tabel 4.9.

b. Aplikasi Matriks Progress Rasio (R_{wxt}) terhadap Jadwal Realisasi Proyek

Aplikasi matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu realisasi proyek diperoleh dari pengolahan data laporan mingguan bobot pekerjaan tiap-tiap elemen bangunan. Matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}) pelaksanaan dapat dilihat pada tabel 4.10. Adapun nilai kuantitas dan harga dari masing-masing pekerjaan adalah sama dengan yang direncanakan.

Dengan perkalian matriks diagonal biaya pekerjaan (C_{wxw}) dengan matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}) pelaksanaan diperoleh matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}) realisasi seperti ditunjukkan pada tabel 4.11. Dari matriks C_{wxt} realisasi diperoleh nilai hasil dalam setiap satu satuan waktu

pelaksanaan proyek yang dirupakan dalam bentuk nilai uang atau biasa disebut BCWP (*budgeted cost of works performance*). BCWP diperoleh dari perkalian Tranpose matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}^T) pelaksanaan dengan matriks satuan waktu (I_{wx1}). BCWP dapat dilihat pada tabel 4.12.

c. Data Actual Cost of Work Performance (ACWP)

ACWP adalah jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan. Biaya ini diperoleh dari data-data akuntansi atau keuangan proyek pada tanggal pelaporan (misalnya, akhir bulan), yaitu catatan segala pengeluaran biaya aktual dari paket-paket pekerjaan termasuk perhitungan overhead dan lain-lain. Jadi, ACWP merupakan jumlah aktual dari pengeluaran atau dana yang digunakan untuk melaksanakan pekerjaan pada kurun waktu tertentu. Pada proyek pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, data *actual cost* diperoleh dari kontraktor pelaksana PT PP Dirganeka berupa rekapitulasi biaya tiap masa pelaporan dilakukan. Rekapitulasi tersebut terdiri atas biaya langsung yang meliputi bahan/material, upah, serta sewa peralatan dan biaya tak langsung yang meliputi biaya komunikasi, transportasi, komunikasi, administrasi dan lain-lain. Rekapitulasi *actual cost* proyek pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dapat dilihat pada tabel 4.13.

d. Analisa Data dengan Konsep Nilai Hasil

Ketiga indikator dalam konsep nilai hasil yaitu ACWP, BCWS, dan BCWP dapat dilihat pada tabel 4.14 dan dapat dibuat grafik perbandingan seperti ditunjukkan dalam gambar 4.2 di bawah ini.

i. Analisa Varians dan Indeks Kinerja

Dengan menggunakan 3 indikator di atas, dapat dihitung berbagai faktor yang menunjukkan kemajuan dan kinerja perusahaan proyek, seperti varians biaya (CV) dan varians jadwal (SV) serta indeks kinerja biaya (CPI) dan indeks kinerja jadwal (SPI). Hasil dari analisa varians dan indeks kinerja dapat dilihat pada tabel 4.15.

ii. Perkiraan Biaya Tersisa (ETC) dan Biaya Total (EAC)

Untuk mengetahui besarnya perkiraan biaya tersisa dan biaya total dapat dihitung berdasarkan akumulatif ACWP dan akumulatif BCWP dari tabel 4.14 serta total anggaran dalam kontrak. Hasil perhitungan besarnya perkiraan biaya tersisa dan biaya total dapat dilihat pada tabel 4.16. Sedangkan grafik yang menunjukkan besarnya perkiraan biaya tersisa dan biaya total terhadap waktu dapat dilihat pada gambar 4.3.

iii. Perkembangan Proyek dari Hasil Evaluasi

Semenjak awal pelaksanaan (11 Agustus 2008) hingga masa terakhir jadwal rencana (8 Desember 2008), perkembangan proyek mengalami

fluktuatif, baik dari segi prestasi fisik yang diperoleh maupun dari segi biaya aktual yang dikeluarkan. Permasalahan ini terjadi karena asumsi-asumsi pihak kontraktor untuk menyelesaikan proyek ternyata tidak sepenuhnya benar.

Proyek memang tidak semudah seperti apa yang diperkirakan. Banyak hal-hal yang terkadang diluar perkiraan akal manusia sangat mungkin terjadi dalam realitanya. Faktor cuaca, kesulitan akses material, kondisi lapangan dan lain-lain ternyata memberikan pengaruh yang cukup signifikan bagi perkembangan proyek pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan yang baik oleh pihak kontraktor pelaksana untuk mencapai tujuan akhir yang telah direncanakan tanpa mengurangi kualitas yang telah disepakati dalam kontrak. Untuk hal inilah diperlukan monitoring proyek pada saat pelaporan progress pencapaiannya. Perkembangan proyek selama monitoring dapat digambarkan sebagai berikut :

- Dari indeks kinerja biaya pada minggu pertama, diperoleh nilai kurang dari satu yang menandakan adanya pemborosan pengeluaran. Hal ini berlanjut secara terus-menerus hingga minggu ke-5 pelaksanaan proyek, meskipun kecenderungannya menunjukkan perbaikan namun tetap belum mencapai angka satu, hingga pada minggu ke-5 pada angka 0,875. Sementara itu dari indeks kinerja jadwal dimana selama 3 minggu awal pelaksanaan proyek cukup baik (SPI lebih dari 1), namun kemudian nilai SPI memburuk pada minggu ke-4 dan ke-5 dengan kecenderungan menurun hingga angka 0,830 pada minggu ke-5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa

pada minggu ke-5, merupakan “*early warning*” bagi kontraktor pelaksana karena dari sisi biaya mereka mengalami pemborosan dan dari segi progress mereka mengalami keterlambatan. Kondisi ini jika terus berlanjut, bukan tidak mungkin mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek dan pihak kontraktor terancam kerugian. Hal ini terlihat dari perkiraan total biaya akhir proyek (EAC) yang melebihi nilai kontraknya.

- Namun kenyataannya berbeda, karena pada saat minggu ke-6, indeks kinerja biaya kembali membaik dengan kecenderungan relatif naik, kecuali pada minggu ke-12 yang kembali memburuk. Hal ini berlangsung hingga minggu terakhir jadwal rencana (minggu ke-17) dengan nilai indeks kinerja biaya sebesar 1,046 yang berarti kontraktor pelaksana mendapatkan keuntungan 4,6% dari nilai kontrak. Tetapi kondisi membaiknya indeks kinerja biaya tidak dapat diimbangi dengan prestasinya, karena pencapaian fisik yang diperoleh selalu berada di bawah target, kecuali pada minggu ke-17 pelaksanaan proyek, angka indeks kinerja jadwal tepat 1, yang menandakan proyek telah sepenuhnya selesai. Untuk mencapai angka 1 ini, pada minggu ke-12 hingga minggu ke-16, prestasi proyek menunjukkan ke arah perbaikan dengan kecenderungan nilai indeks kinerja jadwal selalu naik dan akhirnya mencapai angka 1 pada minggu ke-17. Pada minggu ke-17 ini perkiraan total biaya akhir proyek (EAC) sebesar Rp 4.460.146.010,51 mendekati biaya aktual yang dikeluarkan kontraktor pelaksana, yaitu Rp

4.460.142.800,00. Dari angka tersebut, kontraktor mendapatkan keuntungan Rp 206.390.993,65.

KESIMPULAN

Dengan monitoring proyek dengan konsep nilai hasil, akan diketahui indikator-indikator perkembangan proyek, yaitu BCWS, BCWP, dan ACWP. Pada penelitian ini, BCWS dan BCWP diperoleh melalui operasi matriks sedangkan ACWP diperoleh dari laporan keuangan proyek. Untuk menyusun matriks BCWS dan BCWP, harus dibentuk tiga matriks dasar, yaitu matriks kuantitas pekerjaan terhadap elemen bangunan (Q_{wxm}), matriks harga satuan pekerjaan terhadap komponen biaya (U_{wxa}), dan matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}). Dengan operasi matriks, dari ketiga matriks dasar tersebut dapat disusun BCWS dan BCWP.

Berdasarkan hasil penelitian penerapan matriks untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Input data untuk monitoring proyek dengan konsep nilai hasil yang diperoleh dari operasi matriks adalah BCWS dan BCWP. BCWS diperoleh dari perkalian Tranpose matriks biaya pekerjaan terhadap waktu (C_{wxt}^T) dengan matriks satuan pekerjaan (I_{wx1}). Jika ditulis dalam bentuk matematis adalah :

$$C_{tx1} = C_{wxt}^T \cdot I_{wx1}$$

C_{tx1} (matriks total biaya persatuan waktu) adalah matriks kolom dengan baris t yang menyatakan periode waktu proyek. Elemen-elemen yang terdapat didalamnya adalah biaya total (anggaran) untuk tiap

periode waktu atau disebut BCWS. Untuk menyusun matriks BCWP, hanyalah merubah matriks progress rasio pekerjaan terhadap waktu (R_{wxt}) sesuai prestasi fisik yang diperoleh dari laporan mingguan proyek dan langsung diperoleh BCWP karena antar matriks saling terkoneksi..

2. Dari ketiga indikator pada konsep nilai hasil dapat dihitung varians biaya (CV), varians jadwal (SV), indeks kinerja biaya (CPI), indeks kinerja waktu (SPI) dan perkiraan biaya total proyek (EAC), serta perkiraan biaya tersisa (ETC). Dari hasil analisa dengan konsep nilai hasil, dapat diketahui perkembangan proyek selama pelaksanaan. Pada minggu-minggu awal pelaksanaan, pekerjaan berjalan lebih cepat dari pada rencana. Hal ini ditunjukkan dengan varians jadwal (SV) bernilai positif atau indeks kinerja jadwal (SPI) lebih dari satu dengan nilai terbesar pada minggu ke-2 dimana $SV = \text{Rp } 276.782.205,31$ dan $SPI = 2,871$. Namun demikian, pada minggu-minggu tersebut biaya yang dikeluarkan melebihi anggarannya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai CV negatif atau CPI kurang dari satu dan kondisi terburuk pada minggu ke-4 dengan nilai perkiraan total biaya proyek (EAC) sebesar $\text{Rp } 5.037.950.003,00$. Prestasi fisik mulai memburuk pada minggu ke-4 dan selanjutnya, namun biaya aktual yang dikeluarkan relatif dibawah anggaran. Setelah minggu ke-12, kecenderungan prestasi fisik

proyek selalu menunjukkan perbaikan dan akhirnya nilai $SPI = 1$ pada minggu terakhir jadwal rencana (minggu ke-17) yang menunjukkan proyek telah selesai dengan nilai indeks kinerja biaya (CPI) sebesar 1,046% atau dengan kata lain pihak kontraktor pelaksana mendapatkan keuntungan sebesar 4,60% dari nilai akhir BCWS atau sebesar $\text{Rp } 206.390.993,65$.

3. Evaluasi proyek ditinjau dari segi biaya dan waktu. Pada minggu awal terlihat bahwa pekerjaan berjalan lebih cepat dari pada jadwal, namun biaya aktual yang dikeluarkan melebihi anggaran. Hal ini dikarenakan persiapan pihak kontraktor untuk mendatangkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam jumlah besar dan belum diproses secara fisik. Namun demikian pada minggu terakhir pelaksanaan, kontraktor pelaksana mampu mengelola keuangan sehingga diperoleh keuntungan 4,6%. Perjalanan proyek untuk meraih keuntungan tersebut tak mudah karena mulai minggu ke-4 hingga sebelum akhirnya selesai pada minggu ke-17 selalu terjadi keterlambatan. Hal ini diakibatkan adanya permasalahan di awal proyek, yaitu pembongkaran titik-titik pondasi lama yang cukup banyak sebelum pekerjaan dilanjutkan dan akibat keterlambatan pengiriman beton ready mix Jayamix karena banyaknya order perusahaan. Kondisi ini berlangsung cukup lama hingga pada minggu-minggu terakhir pelaksanaan,

pengiriman dapat kembali lancar setelah dilakukan komunikasi dengan pihak Jayamix oleh kontraktor pelaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Lee, Hyun-So And Yi, Kyo Jin. 1999. *Application Of Mathematical Matrix To Integrated Project Schedule And Cost*. Journal Of Construction Engineering and Management. September 1999 Volume 125 No. 5.
- Ahuja, et al. 1994. *Project Management Techniques in Planning and Controlling Construction Project*. John Willey & Sons.
- Flemming, Q.W., Koppelman, J.M. 1994. *The Essence and Evolution of Earned Value*. AACE Transactions.
- Barazza A, Gabriel. 2000. *Probabilitic Monitoring Of Project performance Using SS Curve*. Journal Of Construction Engineering and Managemen. Maret/April 2000 Volume 126 No. 2.
- Biemo W. dkk. 2006. *Konsep Earned Value untuk Pengelolaan Proyek Konstruksi*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Dipohusodo, Istimawan. 1995. *Manajemen Konstruksi Jilid I*. Yogyakarta : Kanisius.
- Dipohusodo, Istimawan. 1995. *Manajemen Konstruksi Jilid II*. Yogyakarta : Kanisius.
- Soeharto, Iman. 1998. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional Jilid I*. Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.
- Soeharto, Iman. 1998. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional Jilid II*. Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.
- Herlanti, Yanti. 2006. *Tanya Jawab Seputar Penelitian Pendidikan Sains. Jurusan Pendidikan IPA, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- P Candra, Henry. dkk. 2003. *Pengendalian Pelaksanaan Konstruksi Berdasarkan Konsep Nilai Hasil Pada Pembangunan Pabrik X di Gresik*. Dimensi Teknik Sipil Volume 5 No. 2, September 2003 hal 109-112.