

PENGEMBANGAN SISTEM ESTIMASI BIAYA PROYEK KONSTRUKSI BERBASIS KOMPUTER

I Nyoman Suardika, I Gusti Agung Adnyana Putera, dan Anak Agung Gde Agung Yana

Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Udayana

Email: nyomansuardika@pnb.ac.id

ABSTRAK

Proses menghitung estimasi biaya proyek konstruksi, khususnya estimasi detail, memerlukan ketelitian yang tinggi serta waktu yang relatif lama tergantung dari besarnya proyek, jumlah estimator yang terlibat, tingkat keahlian dan pengalaman dari estimator. Di lain pihak, kemajuan teknologi komputer belum sepenuhnya dioptimalkan untuk membantu perhitungan estimasi biaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem estimasi biaya proyek konstruksi berbasis komputer. Sistem didesain untuk dapat membantu membuat estimasi biaya proyek sepanjang siklus hidup proyek baik estimasi konseptual maupun detail. Metodologi pengembangan sistem yang digunakan adalah pengembangan berfase (*phased development*). Sistem dimodelkan menggunakan *Data Flow Diagram* (DFD) untuk pemodelan proses, dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) untuk pemodelan data. Berdasarkan hasil analisis kelemahan pada sistem lama, arsitektur sistem yang diusulkan adalah menggunakan model *Client/Server Architecture*, dengan Microsoft SQL Server sebagai server database. Pada database server, dibuatkan fungsi-fungsi siap pakai untuk melayani permintaan informasi yang dikirim oleh komputer *client*. Untuk mendukung informasi yang dibutuhkan, konsep yang diusulkan adalah dengan mengintegrasikan PBS (*Product Breakdown Structure*) dengan WBS (*Work Breakdown Structure*) dan RBS (*Resource Breakdown Structure*) sehingga dapat menghasilkan informasi estimasi biaya detail berdasarkan komponen bangunan, item pekerjaan maupun sumber daya proyek. Hasil estimasi biaya detail dari proyek-proyek yang sudah berjalan, selanjutnya dapat berfungsi sebagai basis data dalam proses perhitungan estimasi biaya pada proyek-proyek berikutnya di masa mendatang.

Kata kunci: *Pengembangan Sistem, Estimasi Biaya Proyek, PBS, WBS*

DEVELOPMENT OF COMPUTER BASED CONSTRUCTION PROJECT COST ESTIMATING SYSTEM

ABSTRACT

The process of calculating construction project cost estimates, especially detailed estimates, requires high accuracy and relatively long time depending on the size of the project, the number of estimators involved, the level of expertise and experience of the estimator. On the other hand, the advances in computer technology have not been fully optimized to aid cost estimation calculations. The objective of this research is to develop computer based cost estimation system of construction project. The system is designed to estimate project cost throughout the project life cycle both conceptual and detailed estimates. The method of development system used phased development which was modeled using Data Flow Diagrams (DFD) for process modeling, and Entity Relationship Diagram (ERD) for data modeling. Based on the results of weakness analysis on the old system, the proposed system architecture was using Client-Server Architecture model, with Microsoft SQL Server as database server. In the database server, it was created functions to serve requests for information sent by the client computer. To support the required information, the proposed concept integrated PBS (Product Breakdown Structure), WBS (Work Breakdown Structure) and RBS (Resource Breakdown Structure) to produce detailed cost estimation based on building components, work items and project resources. The cost estimation of the ongoing projects can be recorded as a database of cost estimation for future projects.

Keywords: *System Development, Project Cost Estimation, PBS, WBS*

1. PENDAHULUAN

Teknologi Informasi (TI) sudah banyak digunakan dalam organisasi konstruksi. Beberapa survei telah dilakukan di banyak negara berkaitan dengan penggunaan TI di industri konstruksi seperti: Australia (Love, 1996; Stewart 1998; Marosszeky, 2000; Thomas, 2001), Brazil (Scheer et al, 2007), Kanada (Rivard, 2000; Rivard et al., 2004), Hongkong (Futcher, 2000), Indonesia (Sapri dan Chandra, 2004), Yordania (El_Mashaleh, 2007), Malaysia (Lim et al., 2002; Farag et al, 2011), Selandia Baru (Doherty, 1997), Nigeria (Oladapo, 2007), Skandinavia (Howard et al, 1998), Singapura (Goh, 2005), Afrika Selatan (Arif dan Karam, 2001), Swedia (Samuelson, 2002;2008), Turki (Tas dan Irlaiei, 2007). Dari hasil survei ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan TI di industri konstruksi semakin meningkat.

Salah satu informasi yang sangat dibutuhkan dalam proyek konstruksi adalah biaya proyek. Sapri dan Chandra (2004) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa sekitar 65% dari penggunaan komputer dalam perusahaan konstruksi adalah untuk perhitungan anggaran proyek. Biaya atau anggaran proyek merupakan hasil estimasi yang akurasi sangat tergantung dari pengalaman estimator, pengetahuan dan keterampilan teknis estimator, dan banyaknya informasi yang tersedia sejalan dengan tahapan-tahapan proyek (*project life cycle*). Ada tiga macam cost estimate sesuai dengan tahapan proyek dengan tingkat akurasi yang berbeda-beda, yaitu Preliminary estimate, Conceptual estimate (Semi detailed estimate) dan Detailed estimate (Asiyanto,2005).

Preliminary estimate dan Conceptual estimate biasanya berdasarkan pengalaman estimator pada proyek-proyek sebelumnya. Masalahnya adalah, pengalaman tersebut tidak didokumentasikan dengan baik, bahkan sering hanya berdasarkan ingatan saja, sehingga perusahaan sangat tergantung dengan keberadaan si estimator. Sedangkan masalah yang sering dihadapi dalam menghitung *Detailed estimate* adalah menyangkut ketelitian serta waktu yang relatif lama untuk menyelesaikannya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, kemajuan teknologi komputer belum sepenuhnya dioptimalkan untuk membantu perhitungan estimasi biaya proyek (Wicaksono dan Ardyansyah,2008). Aplikasi yang paling banyak digunakan adalah jenis spreadsheet seperti Microsoft Excel yang lebih cocok untuk perhitungan Detailed estimate namun kurang cocok untuk *Preliminary estimate* dan *Conceptual estimate* yang berbasiskan data historis dari proyek-proyek sebelumnya. Seiring dengan makin kompleksnya proyek konstruksi, perusahaan konstruksi perlu mengembangkan suatu model sistem estimasi yang memungkinkan data-data historis proyek sebelumnya dapat disimpan secara sistematis dan dianalisis untuk keperluan estimasi proyek-proyek yang akan datang (Phaobunjong, 2002). Untuk itu sangat dibutuhkan adanya aplikasi komputer yang tidak hanya dapat menghitung *Detailed estimate* secara cepat dan akurat, namun juga memiliki kemampuan dalam pengolahan data-data historis untuk dijadikan masukan dalam perhitungan *Preliminary estimate* dan *Conceptual estimate*.

2. PROSES ESTIMASI BIAYA DETAIL

Menurut Asiyanto (2005), siklus estimasi biaya detail (*Detailed estimate*) dapat dibedakan antara jalur kontraktor dan jalur pemilik proyek (*owner*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Jalur Owner

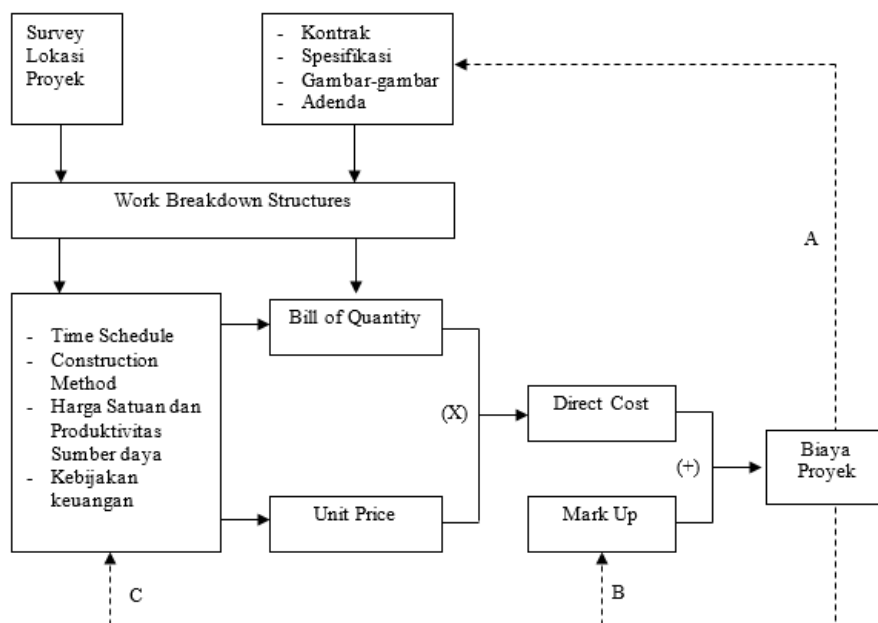
Siklus estimasi biaya versi ini, digambarkan melalui jalur A. Bila perhitungan final biaya proyek dianggap terlalu tinggi atau lebih tinggi dari dana yang dapat disediakan, maka dilakukan hal-hal sebagai berikut: a. Melakukan construction economy, b. Melakukan value engineering, c. Mengubah spesifikasi dan atau mengubah ukuran proyek.

Jalur Kontraktor

Siklus estimasi biaya versi kontraktor ada dua jalur, yaitu jalur B dan jalur C. Bila perhitungan akhir proyek belum sesuai keinginan, maka untuk perubahannya dapat ditempuh dua jalur.

Jalur B dapat dilakukan dengan cepat dan sederhana tidak perlu melibatkan *cost engineer*, yaitu dengan mengubah mark up proyek. Keputusan ini cukup diambil oleh manajemen dengan menggunakan intuisi mereka.

Jalur C dapat dilakukan dengan mengubah harga satuan dan atau mengoreksi quantity pekerjaan. Tindakan ini tidak boleh dilakukan dengan gegabah, tetapi harus berdasar suatu analisis yang akurat.



Gambar 1. Siklus Proses Estimasi
(Sumber: Asiyanto. 2005)

Dari Gambar 1 terlihat bahwa untuk membuat estimasi biaya proyek, langkah pertama adalah menterjemahkan ruang lingkup proyek (terdapat dalam kontrak, spesifikasi, gambar-gambar rencana) menjadi Work Breakdown Structure (WBS). Masalahnya adalah tidak mudah untuk WBS, apalagi untuk seorang estimator junior. Biasanya WBS dibuat oleh seorang estimator senior, yang memiliki pengalaman lapangan khususnya pada proyek sejenis. Akan lebih baik jika WBS dibuat oleh satu tim, untuk memastikan tidak ada pekerjaan yang terlewat.

Proses menyusun WBS akan menjadi lebih mudah jika bangunan tersebut diuraikan atau didekomposisi terlebih dahulu menjadi komponen-komponen pembentuknya. Selanjutnya dari komponen-komponen tersebut baru disusun WBS, yaitu pekerjaan-pakejaan yang harus dilakukan untuk menghasilkan komponen bangunan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan istilah *Product Breakdown Structure* (PBS) untuk merujuk struktur komponen-komponen pembentuk bangunan.

Dari siklus proses estimasi pada Gambar 1, tidak terlihat adanya jalur untuk dokumentasi hasil estimasi proyek yang sudah dikerjakan. Dokumentasi atau penyimpanan data-data estimasi proyek sebelumnya sangatlah penting untuk membuat *historical data* sebagai basis data untuk melakukan estimasi proyek-proyek berikutnya, khususnya estimasi konseptual, dimana desain rencana belum tersedia atau belum lengkap.

3. METODE

- a. Metodologi pengembangan sistem yang digunakan adalah pengembangan berfase (*phased development*)
- b. Metodologi pemodelan sistem yang digunakan adalah *Data Flow Diagram* (DFD) untuk pemodelan proses, dan *Entity Relationship Diagram* (ERD) untuk pemodelan data

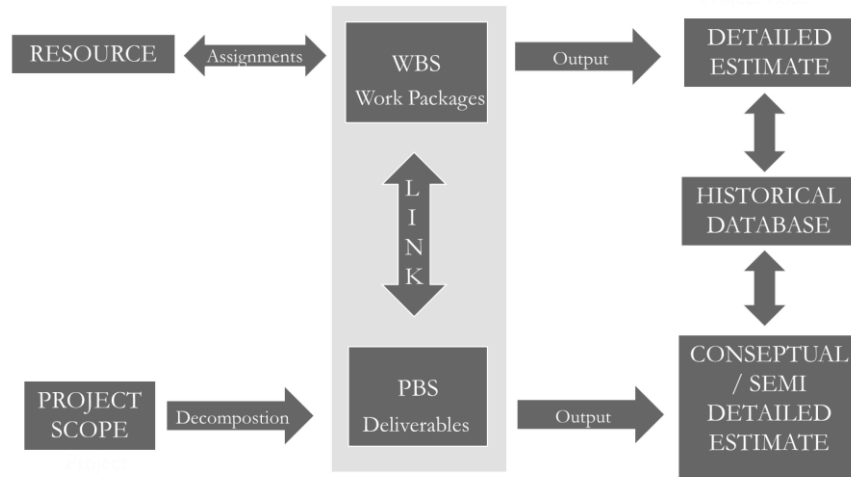
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PROSES ESTIMASI BIAYA YANG DIUSULKAN

Secara konseptual, proses estimasi yang diusulkan dalam penelitian ini adalah seperti yang terlihat pada Gambar 2. Diawali dengan menterjemahkan ruang lingkup proyek (*project scope*) menjadi PBS dengan melakukan proses dekomposisi bangunan menjadi komponen-komponen pembentuknya. Setiap komponen adalah produk (*deliverable*) yang harus dibuat dalam rangka menyelesaikan proyek. Proses dekomposisi dilakukan terus menerus sampai pada level dimana dapat didefinisikan dengan jelas paket pekerjaan (*work package*) yang harus dilakukan untuk menghasilkan komponen tersebut. Jadi, PBS dibuat terlebih dahulu, baru kemudian WBS. Hubungan atau relasi dari PBS ke WBS adalah satu ke banyak, artinya setiap komponen pada PBS harus memiliki satu atau lebih pekerjaan pada WBS. Sebaliknya setiap pekerjaan pada WBS harus menghasilkan satu produk pada PBS. Keuntungan menyusun PBS dalam proses estimasi biaya adalah : 1. Memudahkan menyusun WBS, 2. Lebih menjamin tidak ada bagian dari ruang lingkup proyek yang terlewat, 3.

Dapat dijadikan basis data untuk membuat estimasi konseptual pada proyek lain berdasarkan informasi biaya per produk, 4. Sejalan dengan konsep BIM (*Building Information Modeling*)

Estimasi detail didapat dengan memasukkan data-data sumber daya (tenaga, alat dan bahan) yang terlibat pada masing-masing pekerjaan pada WBS. Sumber daya ini juga dapat disusun berbentuk hirarki, sehingga menjadi Resource Breakdown Structure (RBS). Dengan integrasi PBS, WBS dan RBS ini, maka informasi biaya yang didapatkan berdimensi 3, yaitu dimensi produk/komponen bangunan, dimensi pekerjaan (*work*) dan dimensi sumber daya (*resource*). Hasil estimasi baik detail maupun konseptual, akan menjadi historical database yang sangat berguna untuk analisi biaya proyek di masa mendatang.

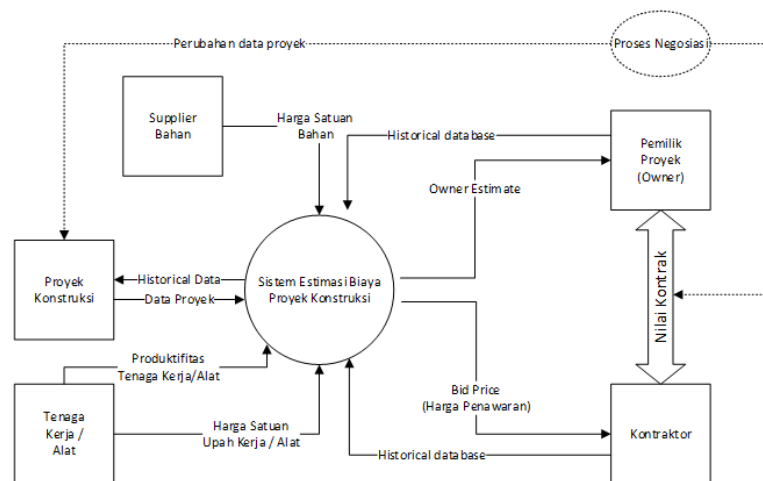


Gambar 2. Konsep Proses Estimasi Biaya Detail yang Diusulkan

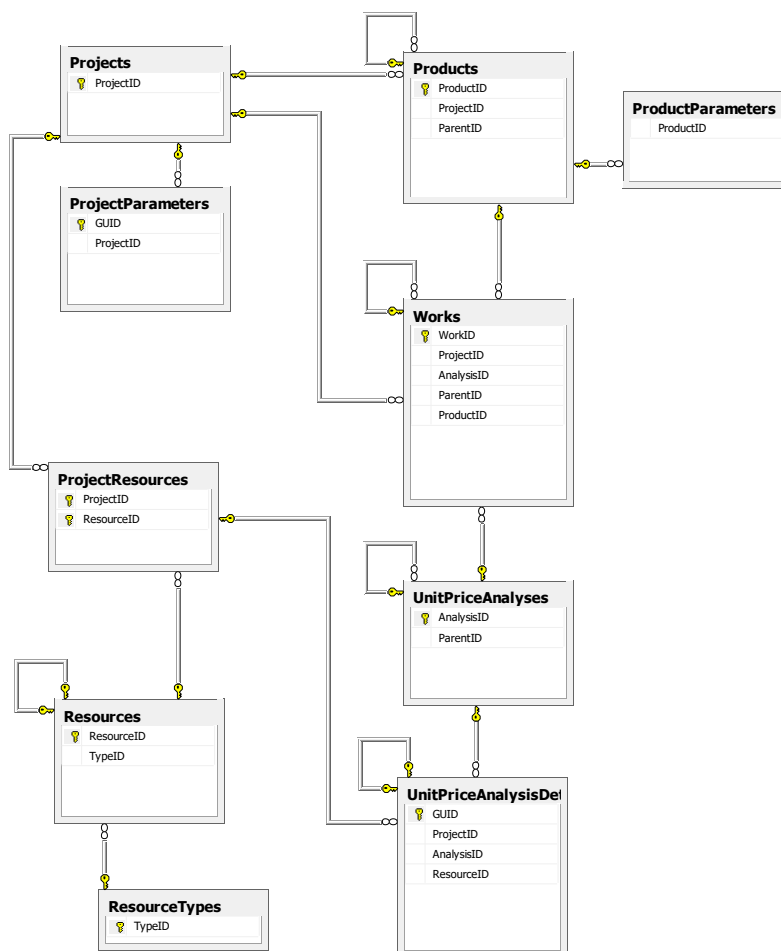
Siklus estimasi pada Gambar 2, dapat dimodelkan lebih detail dalam bentuk diagram konteks seperti terlihat pada Gambar 3.

4.2 DATA MODELING

Dari proses modeling pada langkah sebelumnya, dapat disusun pemodelan datanya seperti pada Gambar 4. Field-field diluar kunci untuk relasi (relation keys) tidak ditampilkan karena keterbatasan tempat.



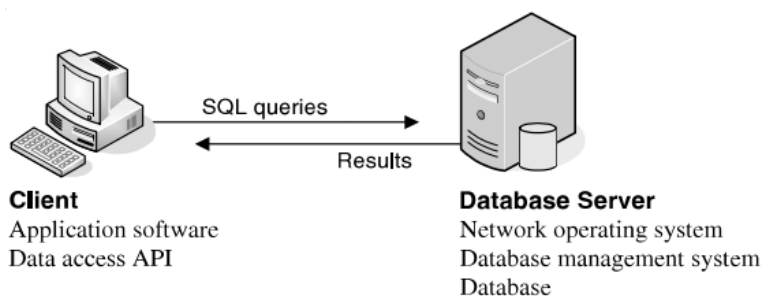
Gambar 3. Diagram Konteks Sistem Estimasi Biaya Proyek Konstruksi



Gambar 4. Pemodelan Data Sistem Estimasi Biaya Proyek Konstruksi

4.3 ARSITEKTUR SISTEM

Model sistem estimasi biaya proyek konstruksi yang diusulkan dalam penelitian ini, menggunakan arsitektur *Client/Server* seperti pada Gambar 5. Dengan sistem *Client-Server*, maka semua proses pengolahan terjadi pada komputer *Server*, sedangkan komputer *Client* hanya berfungsi untuk menampilkan hasil informasi sesuai dengan permintaan yang dikirim ke server. Keuntungan menggunakan sistem ini adalah fleksibilitasnya terhadap perubahan. Jika terjadi perubahan proses, cukup dilakukan di komputer server. Aplikasi pada komputer *Client* dapat dirancang berbasis desktop, web ataupun mobile tanpa mempengaruhi sistem pada komputer *Server*.



Gambar 5. Client /Server Architecture System

4.4 VALIDASI LUARAN SISTEM

Untuk keperluan validasi luaran sistem, dijalankan fungsi-fungs query yang sudah tersimpan dalam database server, selanjutnya dibandingkan nilainya dengan hitungan menggunakan aplikasi spreadsheet Microsoft Excel.

4.4.1 Harga Satuan Pekerjaan

Untuk keperluan perhitungan harga satuan pekerjaan, di dalam database dibuatkan fungsi **fn_ProjectTaskRate**

LineID	AnalysisID	Quantity	Unit	Description	MaterialRate	WorkRate	TaskRate
1	1	NULL	NULL	PEKERJAAN PERSIAPAN	NULL	NULL	NULL
2	2	1.0000	M2	Membersihkan Lapangan dan Perataan	0.00000000	11000.00000000	11000.00000000
3	3	1.0000	M1	Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	118530.00000000	16450.00000000	134980.00000000
4	4	NULL	NULL	PEKERJAAN TANAH	NULL	NULL	NULL
5	5	1.0000	M3	Galian Tanah Biasa Dalam 1 M	0.00000000	47500.00000000	47500.00000000
6	6	1.0000	M3	Galian Tanah Keras Dalam 1 M	0.00000000	63200.00000000	63200.00000000

Gambar 6. Luaran Harga Satuan Pekerjaan

4.4.2 Biaya Proyek Per Item Pekerjaan

Untuk keperluan perhitungan biaya proyek per item pekerjaan, di dalam database dibuatkan fungsi **fn_ProjectCostDetailWbs** dengan hasil luaran seperti Gambar 7.

WorkID	TaskName	Quantity	Unit	TaskRate	Amount
1	PROYEK RUMAH TINGGAL	NULL	NULL	NULL	NULL
2	PEKERJAAN PERSIAPAN	NULL	NULL	NULL	NULL
3	Pek. Pembersihan Lapangan	87.3200	m ²	11000.00000000	960520.000000
4	Pek. Pengukuran dan Pemasangan Bowplank	52.7500	m ¹	134980.00000000	7120195.000000
5	PEKERJAAN TANAH	NULL	NULL	NULL	NULL
6	Pek. Galian Tanah Pondasi Setempat 1.5 m	23.5200	m ³	47500.00000000	1117200.000000
7	Pek. Galian Pondasi Menerus dalam 0.85 m	95.6424	m ³	63200.00000000	6044599.680000

Gambar 7. Luaran Biaya Proyek Per Item Pekerjaan

4.4.3 Biaya Proyek Per Komponen Bangunan

Untuk keperluan perhitungan biaya proyek per komponen bangunan, di dalam database dibuatkan fungsi **fn_ProjectCostDetailPbsAll** dengan luaran seperti Gambar 8.

ProjectID	ProductID	ProductName	Quantity	Unit	Amount
1	1	Rumah tinggal	169.0800	m ²	NULL
2	1	Persiapan lahan	100.0000	m ²	8080715.000000
3	1	Pondasi	100.0000	m ²	NULL
4	1	Pondasi setempat K150	15.2040	m ³	18923927.095000
5	1	Pondasi menerus	52.3756	m ³	42340810.778000
6	1	Lantai I	100.0000	m ²	NULL
7	1	Sloof 15 x 40 K 250	6.8316	m ³	48091412.156250
8	1	Kolom 15 x 40 K 250	2.8080	m ³	28786733.385000

Gambar 8. Luaran Biaya Proyek Per Komponen Bangunan

4.4.4 Biaya Proyek Per Item Sumber Daya

Untuk keperluan perhitungan biaya proyek per item sumber daya, di dalam database dibuatkan fungsi **fn_ProjectCostDetailRbs** dengan luaran seperti Gambar 9

ResourceID	Name	Unit	Quantity	UnitPrice	Amount
6	Mandor	Hari	95.12571563000000000000	100000.00	9512571.563000
8	Kepala Tukang Besi	Hari	11.51934587000000000000	95000.00	1094337.857650
9	Kepala Tukang Batu	Hari	38.49609680000000000000	95000.00	3657129.196000
10	Kepala Tukang Kayu	Hari	39.36190088000000000000	95000.00	3739380.583600

Gambar 9 Luaran Biaya Proyek Per Item Sumber Daya

4.4.5 Total Biaya Proyek

Untuk keperluan perhitungan total biaya proyek, di dalam database dibuatkan fungsi **fn_ProjectCostSummary** dengan hasil luaran seperti gambar 10 berikut. Nilainya sama dengan hasil perhitungan menggunakan Microsoft Excel

ProjectID	Project Name	Project Cost
1	Pembangunan Rumah Tinggal 2 Lantai	928861331.508195

Gambar 10. Luaran Total Biaya Proyek

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya, dapat disimpulkan tentang gambaran model sistem estimasi biaya proyek yang diusulkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Arsitektur sistem menggunakan *Client-Server Architecture*. Dengan sistem *Client-Server*, maka semua proses pengolahan terjadi pada komputer *Server*, sedangkan komputer *Client* hanya berfungsi untuk menampilkan hasil informasi sesuai dengan permintaan yang dikirim ke *server*. Aplikasi pada komputer *Client* dapat dirancang berbasis *desktop*, *web* ataupun *mobile*. Keuntungan menggunakan sistem ini adalah dalam hal terjadi perubahan proses, cukup dilakukan di komputer *server* saja tanpa mempengaruhi proses yang terjadi di komputer *client*.

Estimasi biaya dibuat dengan memadukan konsep PBS (*Product Breakdown Structure*), WBS (*Work Breakdown Structure*) dan RBS (*Resource Breakdown Structure*) sehingga dapat menghasilkan informasi biaya proyek berdasarkan produk (komponen bangunan), pekerjaan (*work*), dan sumber daya (bahan, tenaga dan alat). Pada fase awal proyek, dimana informasi desain proyek belum tersedia atau belum lengkap, dapat dibuat estimasi biaya konseptual dengan memanfaatkan estimasi berdasarkan PBS dari proyek-proyek sebelumnya. Pada saat desain proyek sudah lengkap pada fase berikutnya, maka dapat dibuat estimasi biaya detail berdasarkan WBS.

Beberapa saran pengembangan ke depan yang perlu dilakukan pada sistem ini dalam rangka membangun suatu sistem informasi proyek yang terintegrasi adalah:

1. Mengintegrasikan sistem estimasi biaya proyek dengan aplikasi penjadwalan (*time schedule*), sehingga dapat memberikan informasi tentang jadwal pelaksanaan berdasarkan produk, pekerjaan dan sumber daya.
2. Mengintegrasikan dengan aplikasi pengendalian pelaksanaan proyek sehingga kinerja pelaksanaan proyek selalu dapat dipantau, baik dari segi biaya maupun waktu (misalnya dengan metode *Earned Value Analysis*)
3. Mengintegrasikan sistem informasi biaya proyek dengan aplikasi BIM (*Building Information Modeling*) sehingga dapat memudahkan komunikasi dan koordinasi antar pihak yang terlibat dalam proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif A., and Karam A. (2001). "Architectural practices and their use of IT in the western cape province, South Africa". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 6, No. 2, pp17-34.

- Attar G, and Sweiss R .(2010). "The relationship between information technology adoption and job satisfaction in contracting companies in Jordan", *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 15, pg. pp44-63, <http://www.itcon.org/2010/3>
- Asiyanto. 2005. *Construction Project Cost Management*. Cetakan Kedua. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Doherty J. (1997). "A survey of computer use in the New Zealand building and construction industry". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 2, No. 4, pp73-86.
- El-Mashaleh M.S. (2007). "Benchmarking information technology utilization in the construction industry in Jordan". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 12, No. 19, pp279-291.
- Futcher, K. (2000). "Use of Information Technology within the Hong Kong Construction Industry". *Proceedings, International Conference on Construction Information Technology, INCITE 2000, Hong Kong*, pp119-131
- Goh B. (2005). "IT barometer 2003: Survey of the Singapore construction industry and a comparison of results". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 10, No. 1, pp1-13.
- Howard R., Kiviniemi A., and Samuelson O. (1998). "Surveys of IT in the construction industry and experience of the IT barometer in Scandinavia". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 3, No. 4, pp 45-56.
- Lim M., Rashid A., Ang N., Wong Y. and Wong L. (2002). "A survey of internet usage in the Malaysian construction industry". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol.7, No. 17, pp259-269.
- Marosszky M., et al. (2000). "Information Technology in the Building and Construction Industry: The Australian Experience". *Proceedings, International Conference on Construction Information Technology, INCITE 2000, Hong Kong*, pp183-196
- Oladapo A. (2007). "An investigation into the use of ICT in the Nigerian construction industry". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 12, No. 18, pp261-277.
- Rivard H. (2000). "A survey on the impact of information technology on the Canadian architecture, engineering and construction industry". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 5, No. 3, pp37-56.
- Rivard H., Froese T., Waugh L.M., El-Diraby T., Mora R., Torres H., Gill S.M. and O'Reilly T. (2004). "Case studies on the use of information technology in the Canadian construction industry". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 9, No. 2, pp19-34.
- Samphaongoen, Phuwadol. 2010. A Visual Approach to Construction Cost Estimating. Master's Theses. Marquette University.
- Samuelson O. (1998). "IT-barometer design of a survey on the use of IT in construction". M.Sc thesis, Royal Institute of Technology, Dept. of Construction management and economics, Stockholm.
- Samuelsson O. (2002). "IT-Barometer 2000 - The use of IT in the Nordic construction industry". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 7, No. 1, pp1-26.
- Samuelsson O. (2008). "The IT-barometer – A decade's development of IT use in the Swedish construction sector". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 13, No. 1, pp1-19.
- Sapri P. and Chandra B. (2004). "Managing Information Tecnology in Construction Industry: The Indonesian Experience". CIB World Building Congress
- Scheer S., Leusin de Amorim S., Santos E., Ferreira R. and Caron A. (2007). "The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications' experience". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 12, No. 13, pp193-206.
- Tas E. and Irlayici F. (2007). "A survey of the use of IT in building product information acquisition in Turkey". *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, Vol. 12, No. 22, pp323-335.
- Wicaksono, I. A. and Ardyansah, D.F. (2008). "Analisis Penggunaan Software Estimasi Biaya Pada Proyek Konstruksi di Indonesia" (*tugas akhir*). Bandung: Institut Teknologi Bandung.