Buku refensi ini secara garis besar membahas tentang pemodelan estimasi biaya konstruksi bangunan. Sistemika penyajian dan isi buku ini dibuat dengan tujuan yang mudah dicerna pembaca. Penulis berusaha menyapaikan permasalahan dengan memuncul studi kasus yang mengandung nilai kebaharuan, metodelogi pemecahan masalah serta dukungan data beserta kesimpulan.

Tentang Penulis

Dr Dwifitra Jumas, ST.,MSCE., lahir di Pariaman, Sumatera Barat, pada 4 September 1977. Menyelesaikan studi S1 di Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang pada tahun 2000. Selanjutnya menyelesaikan pendidikan S2 dibidang Construction Management di Faculty Engineering University of Kentucky, USA tahun 2004. Tahun 2019 menyelesaikan S3 di bidang Quantity Surveying di Fakulty of The Built Enviroment, University of Malaya. Sejak kuliah S2 telah menjadi Research Assistant di pusat studi Construction Management di Faculty Engineering University of Kentucky, USA. Tahun 2005 tercatat sebagi dosen tetap di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Bung Hatta. Sebelum melanjutkan S3 pada akhir tahun 2014 pernah menjabat sebagai Ketua Jurusan Teknik Ekonomi Konstruksi (2009-2013), Kepala Studio Teknik Ekonomi Konstruksi (2013-2015) dan Sekretaris KKN Universitas Bung Hatta (2013-2014). Disamping itu, penulis juga aktif dalam kegiatan penelitian baik mandiri ataupun pendanaan dari Pemerintah. Hasil dari penelitian tersebut telah di publikasikan di beberapa journal internasional terindex Scopus serta journal local dalam bidang construction cost and building, construction project management, dan value engineering.

ISBN 978-623-93573-7-5

9 786239 357375

Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE | MODEL ESTIMASI BIAYA PADA BANGUNAN GEDUNG | LPPM Universitas Bung Hatta

Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE

MODEL ESTIMASI BIAYA PADA BANGUNAN GEDUNG

LPPM Universitas Bung Hatta

MODEL ESTIMASI BIAYA PADA BANGUNAN GEDUNG

LPPM Universitas Bung Hatta

Sanksi pelanggaran pasal 44: Undang-undang No. 7 Tahun 1987 tentang Perubahan atas Undang-undang No. 6 Tahun 1982 tentang hak cipta.

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 100.000.000,- (seratus juta rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat 1 (satu), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 50.000.000,- (lima puluh juta rupiah)

MODEL ESTIMASI BIAYA PADA BANGUNAN GEDUNG

Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE

Penerbit

LPPM Universitas Bung Hatta

2020

Judul : **MODEL ESTIMASI BIAYA PADA BANGUNAN GEDUNG**
Penulis : Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE

Sampul : Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE

Perwajahan: **LPPM Universitas Bung Hatta**

Diterbitkan oleh **LPPM Universitas Bung Hatta** Juli 2020

Alamat Penerbit:

Badan Penerbit Universitas Bung Hatta

LPPM Universitas Bung Hatta Gedung Rektorat Lt.III

(LPPM) Universitas Bung Hatta

Jl. Sumatra Ulak Karang Padang, Sumbar, Indonesia

Telp.(0751) 7051678 Ext.323, Fax. (0751) 7055475

e-mail: lppm_bunghatta@yahoo.co.id

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau

seluruhnya isi buku ini tanpa izin tertulis penerbit

Isi diluar tanggung jawab percetakan

Cetakan Pertama : Juli 2020

Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE

MODEL ESTIMASI BIAYA PADA BANGUNAN GEDUNG, Oleh: Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE, Padang : LPPM Universitas Bung Hatta, Juli 2020.

100 Hlm + xii ; 18,2 cm

ISBN 978-623-93573-7-5

Buku refensi ini aku persembahkan
kepada kedua orang tuaku,
suami tercinta (Marjan Marjohan, BBA)
dan kedua anakku (Annadella dan Jenning)

Sambutan Rektor
Universitas Bung Hatta

Visi Universitas Bung Hatta adalah Menjadi perguruan tinggi unggul dan bermartabat menuju universitas berkelas dunia dengan Misi utamanya meningkatkan mutu sumber daya manusia melalui pendidikan dan penelitian yang berkualitas yang berada dalam jangkauan fungsinya. Mencermati betapa beratnya tantangan Universitas Bung Hatta terhadap dampak globalisasi, baik yang bersumber dari tuntutan internal maupun eksternal dalam meningkatkan daya saing lulusan perguruan tinggi, maka upaya peningkatan kualitas lulusan Universitas Bung Hatta adalah suatu hal yang harus dilakukan dengan terencana dan terukur. Untuk mewujudkan hal itu, Universitas Bung Hatta melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat merancang program kerja dan memberikan motivasi kepada dosen untuk menulis buku ekonomi terutama buku-buku hasil penelitian, karena kompetensi seorang dosen tidak cukup hanya menguasai bidang ilmunya dengan kualifikasi S2 dan S3. Kita dituntut untuk memahami elemen kompentensi yang bisa diaplikasikan dalam proses pembelajaran, melakukan riset dan menuangkan dalam bentuk buku.

Saya ingin menyampaikan penghargaan kepada saudara Dr. Dwifitra Jumas, ST, MSCE yang telah menulis buku referensi dengan judul **Model Estimasi Biaya pada Bangunan Gedung**. Harapan saya buku referensi ini akan tetap eksis sebagai wahana komunikasi bagi kelompok dosen dalam bidang ekonomi publik, ekonomi pembangunan dan bidang ekonomi moneter, sehingga dapat dijadikan sebagai sumber referensi untuk mata kuliah yang diampu dan menambah khasanah ilmu pengetahuan baik dosen maupun mahasiswa.

Tantangan ke depan tentu lebih berat lagi, karena kendala yang sering dihadapi dalam penulisan buku referensi yang harus dipunyai hasil-hasil riset yang bernas. Kesemuanya itu menjadi tantangan kita bersama terutama para dosen di Universitas Bung Hatta.

Demikian sambutan saya, sekali lagi saya ucapkan selamat atas penerbitan buku referensi ini. Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa meridhoi segala upaya yang akan kita perbuat bagi memajukan pendidikan di Universitas Bung Hatta.

Padang, Juli 2020
Rektor

Prof. Tafdil Husni, S.E., M.B.A., Ph.D.

Kata Pengantar

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa. Dia selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku referensi yang berjudul *Model Estimasi Biaya pada Bangunan Gedung.*

Buku referensi ini secara garis besar membahas tentang pemodelan estimasi biaya konstruksi bangunan. Sistematika penyajian dan isi dibuat dengan tujuan yang mudah dicerna pembaca. Penulis berusaha menyampaikan permasalahan dengan memunculkan studi kasus yang mengandung kebaharuan, metodelogi pemecahan masalah serta dukungan data beserta kesimpulan.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku ini, terutama LPPM Universitas bung Hatta yang telah membantu proses penerbitan buku ini. Dan akhirnya penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk penyempurnaan buku ini untuk yang akan datang.

Padang, Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

SAMBUTAN REKTOR UNIV. BUNG HATTA vii

KATA PENGANTAR ix

DAFTAR ISI xi

BAB I TINJAUAN TENTANG ESTIMASI BIAYA 1
1.1 Pendahuluan 1
1.2 Estimasi Biaya Pada Proyek Kontruksi 2
1.3 Prinsip Dasar Estimasi Biaya 3
1.4 Lima Faktor Utama dalam Estimasi 7
1.5 Quantity Surveyor 8
1.6 Kesimpulan 8
Daftar Pustaka 10

BAB II PENGELOMPOKAN DAN PROSES ESTIMASI BIAYA

2.1 Pendahuluan 13
2.2 Jenis-Jenis Estimasi 14
2.3 Metode Estimasi Biaya 19
2.3.1 Metode Kualitatif 21
2.3.2 Metode Kuantitatif 23
2.4 Keakuratan Estimasi Biaya 26
2.5 Kesimpulan 29
Daftar Pustaka 31

BAB III CONCEPTUAL COST ESTIMATION **35**
3.1 Pendahuluan 35
3.2 Conceptual Cost Estimation 35
3.3 Proses Conceptual Cost Estimation 36
3.4 Model CCE Berdasarkan Permen PUPR No 22 2018 37
3.4.1 Klasifikasi Bangunan Negara 38
3.4.2 Proses CCE Berdasarkan Permen PUPR No 22, 2018 40
3.4.3 Pembiayaan Pembangunan Bangunan Gedung Negara 42
3.5 Studi Kasus 47
3.5.1 Pengumpulan Data Awal 47
3.5.2 Analisis Data 50
3.6. Kesimpulan 51
Daftar Pustaka 55

BAB IV COST MODEL **57**
4.1 Pendahuluan 57
4.2 Pengertian Cost Model 58
4.3 Perkembangan Cost Model 58
4.4 Eksplorasi Cost Model 60
4.4.1 Regression Analysis 60
4.4.2 Artificial Neural network (ANNs) 61
4.4.3 Simulation 62
4.4.4 Case Base reasoning (CBR) 62
4.4.5 MRA and ANFIS 64
4.5 Studi Kasus 65
4.5.1 Pengumpulan Data 65
4.5.2 Aplikasi Model 68
4.5.3 Hasil Pengolahan Data 72
4.6 Kesimpulan 73
Daftar Pustaka 74

BAB V VARIABLE YANG MEMPENGARUHI AKURASI PADA PRETENDER .. **77**
5.1 Pendahuluan 77
5.2 Perkembangan Cost Variable 78
5.3 Review on Cost Variable 84
5.4 Kesimpulan 91
Daftar Pustaka 92

GLOSARIUM **95**

INDEKS **99**

BAB 1
TINJAUAN TENTANG ESTIMASI BIAYA

1-1 PENDAHULUAN

Estimasi biaya adalah salah satu elemen terpenting untuk kesuksesan sebuah proyek konstruksi. Estimasi yang akurat mengoptimalkan kontrak yang baik yang melibatkan proses perhitungan dari analisis semua biaya yang akan masuk ke dalam pekerjaan tertentu untuk mencapai total biaya yang telah ditetapkan. Di hampir semua jenis kontrak, persiapan estimasi biaya yang realistis adalah bagian penting dari setiap proyek konstruksi. Estimasi biaya terjadi sebelum konstruksi dimulai, dan bahkan sebelum tender untuk proyek konstruksi tersebut dimulai. *Quantity Surveying* (QS) merupakan salah satu yang bertanggung jawab atas estimasi yang di hitung, memastikan proyek akan memiliki hasil laporan keuangan *(cashflow)* yang sukses. Estimasi ini juga mempengaruhi keputusan yang dibuat untuk penganggaran dan membantu dalam keputusan klien untuk pemilihan kontraktor.

Berdasarkan estimasi tersebut, keputusan strategis dibuat, mulai dari keputusan untuk membawa atau tidak membawa proyek ke dalam realisasi, penentuan bahan dan metode konstruksi, pemilihan jenis kontrak, pengadaan kontraktor konstruksi, dan sebagainya (Wibowo dan Wuryanti, 2007). Jadi, estimasi biaya harus dipahami sebagai proses yang umumnya dimulai dengan definisi anggaran, yang didasarkan pada persyaratan dan kemungkinan keuangan yang tersedia oleh pemilik (Jumas dkk, 2018; Jumas dkk 2019).

Estimasi menetapkan garis dasar dari biaya proyek pada berbagai tahap pengembangan proyek. Menurut American Association of Cost Engineers (AACE), estimasi didalam area praktik konstruksi, memerlukan pengalaman

rekayasa dalam penerapan prinsip-prinsip ilmiah dan teknik memperkirakan biaya, serta juga dibutuhkan pemahaman tentang pengendalian biaya dan profitabilitas. Definisi lain dari estimasi biaya menurut National Estimating AS adalah suatu seni dalam memperkirakan jumlah biaya yang mungkin diperlukan untuk menyelesaikan tugas tentang ketersediaan informasi ketika menyiapkan biaya estimasi.

Ketika merujuk pada definisi tersebut, ada dua masalah utama yang dibahas. Pertama, estimasi dianggap lebih sebagai seni daripada sains. Ini menyiratkan bahwa estimasi yang dihasilkan akan tergantung pada orang yang menyiapkannya dan siapa yang dipersiapkan. Selain itu, sebagian besar estimasi biaya dibuat oleh QS atau estimator. Estimasi ini tidak boleh mirip satu sama lain karena perbedaan dalam pengalaman, perspektif dan asumsi dalam estimasi, pengetahuan, dan organisasi. Kedua, ketersediaan informasi saat menyiapkan estimasi berpengaruh. Telah diakui secara luas bahwa perwujudan yang sukses dari proyek konstruksi dipengaruhi oleh banyak faktor internal, eksternal dan karakteristik yang melekat pada setiap proyek konstruksi.

1-2 ESTIMASI BIAYA PADA PROYEK KONSTRUKSI

Estimasi biaya adalah penentuan kemungkinan biaya konstruksi dari setiap proyek yang diberikan. Banyak item (yaitu, bahan, tenaga kerja, peralatan, asuransi, dan overhead, serta perkiraan laba dan lain-lain) memengaruhi dan berkontribusi pada biaya proyek bangunan. Setiap item harus dianalisis, dikuantifikasi, dan diberi harga (Degostino dan Feigenbaum, 2003). Karena perkiraan disiapkan sebelum konstruksi dilaksanakan, banyak studi dan pemikiran harus dimasukkan ke dalam dokumen konstruksi tersebut. Seorang QS atau estimator yang dapat memvisualisasikan proyek dan secara akurat menentukan biayanya, akan menjadi salah satu orang terpenting dalam perusahaan konstruksi tersebut.

Dalam kebanyakan kasus, perlu untuk membuat estimasi biaya kompetitif untuk proyek. Persaingan dalam penawaran konstruksi sangat ketat, dengan banyak perusahaan berlomba untuk satu proyek. Untuk bertahan dalam bisnis, kontraktor harus menjadi penawar yang memenuhi syarat terendah

pada sejumlah proyek tertentu, sambil mempertahankan margin laba yang dapat diterima. Margin laba ini harus memberikan kontraktor tingkat pengembalian yang dapat diterima dan mengkompensasi risiko yang terkait dengan proyek. Karena estimasi biaya disusun dari gambar kerja dan spesifikasi bangunan, kemampuan QS atau estimator untuk memvisualisasikan semua fase proyek konstruksi yang berbeda menjadi bahan utama dalam penawaran yang berhasil.

Selain itu, estimasi biaya memiliki beberapa kesamaan dengan akuntansi keuangan yang menyediakan informasi keuangan yang dibutuhkan oleh manajemen untuk membuat keputusan penting (Carr, 1989). Terkait dengan ide-ide ini, estimasi dan akuntansi mempunyai peran besar dalam situasi praktis yang sebenarnya. Untuk memperkirakan (*to estimate*) dapat didefinisikan sebagai "untuk menghasilkan pernyataan yang berkaitan dengan perkiraan jumlah material, juga waktu dan harga untuk melakukan konstruksi". Akintoye (2000) menggambarkan estimasi biaya sebagai proses teknis atau fungsi yang dilakukan untuk menilai dan memprediksi total biaya item pelaksana pekerjaan dalam waktu tertentu menggunakan semua informasi dan sumber daya proyek yang tersedia. Tujuannya adalah untuk memberikan informasi yang pernyataan kuantitas disebut estimasi (Carr, 1989; Marzouk & Ahmed, 2011)

1-3 Prinsip Dasar Estimasi Biaya

Level of Detail

Dalam estimasi biaya tahap awal (*conceptual estimation*), pemilik harus membuat keputusan apakah akan menjalankan proyek dengan fasilitas pengadaan tertentu, dan mengharuskan seorang *engineer* untuk mengatur ruang lingkup karakteristik umum dari proyek. Besaran estimasi pada tahap ini harus cukup untuk membuat keputusan, terutama jika ada kemungkinan terjadi perubahan ruang lingkup dari proyek tersebut.

Ketika desain selesai, penting untuk memiliki harga kontrak berdasarkan detail estimasi yang memadai. Perkiraan terperinci dapat dilakukan setelah melengkapi data/informasi mengenai proyek, seperti

ketersediaan dokumen gambar, spesifikasi teknis dan peralatan pendukung lainnya. Besaran perkiraan ini akan memberikan hasil yang lebih akurat karena tingkat detail data tersedia sepenuhnya.

Berdasarkan *level of detail*, perkiraan tidak hanya menggambarkan perincian dalam tingkat yang tepat untuk membuat keputusan, tetapi perkiraan juga perlu memastikan bahwa semua biaya dimasukkan. Oleh karena itu, *level of detail* yang tepat untuk setiap tahapan estimasi harus dimasukkan ke dalam daftar item utama yang diperlukan. Kemudian, biaya setiap item harus mencakup semua biaya konstruksi.

Completenes

Semua item pekerjaan yang berhubungan dengan fasilitas harus dimasukkan yang merupakan tantangan lain. Pada bagian ini, QS atau *estimator* harus mengenali item pekerjaan di luar komponen utama lainnya. Selain itu, QS dalam melaukuan estimasi baiaya juga mengvaluasi spesifikasi untuk kontrak dan persyaratan material, meninjau gambar untuk jenis konstruksi yang digunakan, dan metoda kerja yang digunakan.

QS akan menghabiskan waktu untuk mendapatkan harga dari subkontraktor dan pemasok material, sementara waktu lainnya digunakan untuk memutuskan bagaimana pekerjaan tersebut dapat diselesaikan secara ekonomi. Selain itu, biaya lain selain biaya melakukan konstruksi atau biaya langsung adalah biaya untuk infrastruktur administratif dan fisik untuk proses konstruksi, misalnya, izin, asuransi, keamanan pembiayaan, transportasi, akuntansi, pembelian, utilitas, dan pergudangan. Ini juga bisa menjadi biaya tambahan keterlambatan dan perubahan terjadi sebelum proyek selesai. Dengan lengkap, QS memastikan bahwa semua biaya sudah termasuk.

Documentation

Estimasi biaya sebagai dokumen tetap harus dalam bentuk yang dapat dipahami, diperiksa, diverifikasi, dan dikoreksi untuk menjadi dasar pengambilan keputusan bisnis (Carr, 1989; Dagostino & Feigenbaum, 2003). Ini mensyaratkan bahwa sumber dari setiap angka harus jelas tidak hanya untuk orang yang menyiapkan estimasi biaya tetapi juga untuk orang lain yang

mengambil bagian dalam proyek. Dokumentasi untuk estimasi juga harus disusun agar mudah dipahami. Dengan demikian, harus dalam bentuk yang dapat menjadi subjek pada tingkat kontrol dokumen yang sama, seperti dokumen permanen lainnya, seperti kontrak, proposal, dan pesanan pembelian.

Direct and Indirect Cost

Biaya langsung (*direct cost*) dari suatu kegiatan secara fisik dan dapat dilacak ke aktivitas tersebut secara ekonomi. Biaya langsung tidak dihitung jika kegiatan tidak dilakukan. Menurut Gould (1997), biaya langsung adalah semua biaya yang berhubungan langsung dengan proses konstruksi, yang mencakup seluruh biaya kegiatan yang dilakukan dalam proyek dan biaya untuk membawa semua sumber daya yang dibutuhkan oleh proyek. Biaya tidak langsung adalah biaya bisnis selain biaya langsung dari kegiatan konstruksi; mereka tidak dapat dilacak secara fisik dan dihitung bahkan jika aktivitas tidak dilakukan. Biaya tidak langsung juga dikenal sebagai overhead.

Biaya langsung diklasifikasikan sebagai bahan, tenaga kerja, dan peralatan. Sebagai contoh biaya langsung adalah dinding beton termasuk beton siap pakai dikirim ke lokasi dan ditempatkan dalam dudukan, baja tulangan yang dibuat di luar lokasi dan diikat serta ditempatkan dalam dudukan, dan kayu lapis yang telah di pabrikasi ditempatkan dalam dudukan. Tenaga kerja seperti tukang kayu yang merakit dan mendirikan bekisting; tukang besi yang memotong dan merakit besi; dan pekerja yang menempatkan beton, membentuk strip, dan menambal permukaan beton. Pompa beton dan belalai gajah yang dibawa ke lokasi untuk menempatkan beton adalah contoh biaya langsung pada peralatan dan operatornya adalah tenaga kerja langsung.

Ada dua tingkat biaya overhead. Pertama, overhead proyek, yaitu semua biaya yang dapat dilacak secara ekonomis untuk suatu proyek tetapi itu tidak akan terjadi seandainya proyek tersebut tidak dilakukan. Gaji pengawas, biaya pembangunan kantor dan gudang enyipanan material dan lainnya di proyek adalah biaya tidak langsung dan dibutuhkan selama proses konstruksi berlangsung. Namun, jika proyek tidak dilakukan, tidak akan ada pengawasan atau biaya sewa crane. Karena itu, biaya tersebut disebut biaya overhead proyek, yang merupakan biaya langsung dari proyek.

Tingkat overhead kedua terdiri dari biaya yang di butuhkan dalam menjalankan bisnis konstruksi yang tidak dapat dilacak secara ekonomis untuk proyek-proyeknya. Ini disebut overhead umum, atau *home office cost*. Departemen estimasi diperlukan dalam mendapatkan pekerjaan, tetapi hanya beberapa dari tender yang diikuti menghasilkan kontrak. Oleh karena itu pengeluaran yang dibutuhkan selama mengikuti tender tidak dapat dilacak ke proyek-proyeknya. Sewa kantor umum, gudang, asuransi, dan pemeliharaan diperlukan tetapi bukan biaya langsung proyek. Departemen pembelian dan akuntansi melayani berbagai proyek perusahaan, tetapi: (1) tidak ekonomis untuk melacak biaya mereka ke proyek; dan (2) mendapatkan proyek tidak secara langsung berdampak pada biaya departemen akuntansi dan pembelian. Semua biaya ini termasuk dalam overhead kantor umum.

Contingency

Contingency adalah keadaan ketidakpastian dan di luar jangkauan atau kejadian yang tidak terduga (Carr, 1989; Chou, 2009a). Secara umum, besarnya nilai *contigency* tergantung pada skala proyek dan ketidakpastian. Ketidakpastian ini adalah fitur yang melekat dari konstruksi dan satu-satunya cara yang dapat diakomodasi pada awal proyek adalah melalui alokasi biaya tak terduga (Love, Tse, & Edwards, 2005).

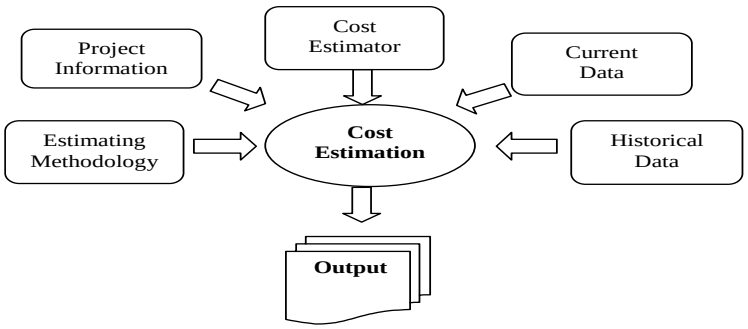
Carr (1989) menyatakan bahwa ada dua jenis estimasi biaya yang digunakan dalam biaya tak terduga. Jenis pertama adalah peristiwa yang mungkin diidentifikasi untuk nilai yang diharapkan. Tipe kedua adalah kejadian yang tidak dapat diidentifikasi; kemungkinan biaya kejadian yang tidak terduga karena insinyur tidak tahu itu akan terjadi. Tipe kedua ini adalah *contigency* sejati dan tipe yang perlu diperhatikan karena merupakan margin untuk kesalahan. *Contigency* ini juga merupakan hal yang tidak diketahui, yang tampaknya bertentangan dengan estimasi yang akurat.

QS sangat tertarik pada keakuratan, yang menuntut pengetahuan tentang apa yang akan terjadi. *Contigency* merupakan hal yang tidak diketahui, yang tampaknya bertentangan dengan estimasi yang akurat. Namun, ketika QS mengharapkan peristiwa terjadi yang tidak dapat diidentifikasi sebelumnya, akurasi menuntut mereka, diwakili dalam perkiraan biaya. Contohnya adalah

sebuah proyek yang sedang direncanakan, tetapi QS memiliki sedikit pengalaman dalam proyek tersebut. Mereka tahu dari proyek-proyek sebelumnya bahwa kesulitan konstruksi terjadi dan tidak dapat mereka identifikasi sebelumnya.

1-4 Lima Faktor Utama dalam Estimasi Biaya

Estimasi biaya konstruksi adalah proses perkiraan biaya bangunan sebagai struktur fisik. Tantangan bagi QS adalah menghasilkan estimasi yang merupakan refleksi akurat dari kenyataan. Input pertama dari faktor utama adalah pertanyaan tentang QS profesional sebagai penaksir biaya. Kedua, masalah data terkini yang relevan dan diikuti oleh informasi proyek, data historis dan metodologi estimasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 1.1: Faktor Utama dari Estimasi Biaya, modified from Phaobunjong (2002) and Kim et al., (2012)

Menurut Phaobunjong (2002) dan Kim dkk (2012), lima faktor utama dalam proses estimasi adalah:

a) *Cost Estimator/QS*: pengguna yang menggunakan semua elemen lain dalam membuat estimasi dan menerapkan penilaian selama proses estimasi
b) *Project Information*: informasi tentang proyek saat ini, termasuk ruang lingkup proyek dan karakteristik bangunan utama (seperti jenis dan penggunaan)

c) *Historical Data*: data biaya untuk proyek historis dan karakteristik bangunannya
d) *Current Data*: biaya dan tarif unit (untuk bahan, tenaga kerja, dan peralatan), indeks biaya historis, dan item lainnya
e) *Estimating Methodology*: metode yang digunakan untuk estimasi, termasuk metode tarif satuan, metode pemodelan biaya parametrik, dan analisis biaya sistem / unsure

1-5 *QUANTITY SURVEYOR (*QS)

QS dilibatkan dalam semua fase dari siklus proyek konstruksi, mulai dari *feasibility, desin, construction, extension, refusbishment, maintenance, and demolition*. Seorang QS memiliki latar belakang yang kaya akan dinamika biaya konstruksi yaitu dimulai dengan keahlian dalam perhitungan volume, penilaian pekerjaan, sehingga suatu pekerjaan dapat dijabarkan dan biaya dapat diperkirakan, direncanakan, dianalisa dan dikendalikan. QS akan membuat dan mengelola anggaran proyek secara optimum dan efisien sehingga tujuan dari suatu proyek dapat dicapai.

Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa QS umumnya telah memperluas sifat dan cakupan layanan yang mereka miliki sekarang (Cartlidge, 2011; Ashworth, 2010 dan Olanrewaju, A. & Anavhe, 2008). Beberapa cakupan layanan yang dikembangkan tersebut adalah:

a) Development appraisal (penilaian pembangunan)
b) Developer's finance (pendanaan pembangunan)
c) Loss adjuster
d) Manajer proyek
e) Facility manager
f) Manager perawatan

1-6 KESIMPULAN

Tinjauan tentang estimasi biaya sebagaimana diterapkan pada proyek pembangunan menunjukkan bahwa estimasi biaya merupakan hal mendasar bagi proyek konstruksi dan sangat memengaruhi perencanaan, desain, penawaran, penganggaran biaya, dan manajemen konstruksi. Banyak item yang

memengaruhi dan berkontribusi pada biaya proyek pembangunan; setiap item harus dianalisis, diukur, dan diberi harga. Namun, estimasi tersebut disiapkan sebelum pembangunan aktual. Dengan demikian, banyak studi dan pemikiran harus dimasukkan ke dalam estimasi biaya konstruksi.

Estimasi biaya sudah mulai dihitung pada tahap awal, seperti conceptual cost estimation, dihitung dengan tingkat kelengkapan data *(level of detail)* yang kurang dan berbeda dengan tender yang disusun dari gambar kerja dan spesifikasi bangunan. Dalam hal ini, kemampuan QS atau estimator untuk memvisualisasikan semua fase proyek konstruksi yang berbeda menjadi bahan utama dalam penawaran yang berhasil. Seorang QS memiliki latar belakang yang kaya akan dinamika biaya konstruksi yaitu dimulai dengan keahlian dalam perhitungan volume, penilaian pekerjaan, sehingga suatu pekerjaan dapat dijabarkan dan biaya dapat diperkirakan, direncanakan, dianalisa dan dikendalikan. QS akan membuat dan mengelola anggaran proyek secara optimum dan efisien sehingga tujuan dari suatu proyek dapat dicapai.

Daftar Pustaka

Akintoye, A., & Fitzgerald, E. (2000). A survey of current cost estimating practices in the UK. *Construction Management and Economics, 18*, 161-172.

Ashworth, Cost studies of buildings, 4 Ed., Pearson Education Limited, Harlow, 2010

Carr, R. I. (1989). Cost estimating principles. *Journal Construction Engineering Management, 115*(4), 545-551.

Cartlidge, D. New Aspect of Quantity Surveying Practice, Butterworth – Heinemann, UK, 2011

Chou, J. (2009). Generalized linear model - based expert system for estimating the cost of transportation projects. *Expert System with applications, 36, 4253-4267.*

Dagostino, F. R., & Feigenbaum, L. (2003). *Estimating in building construction*. Upper Saddle River, New Jersey,Columbus, Ohio: Prentice Hall.

Jumas, Dwifitra., Rahim Faizul A.M and Zainon, Nurshuhada (2018). Improving Accuracy of Conceptual Cost Estimation by Integrating of MRA and ANFIS. Built Environment Project and Asset Management, 8(4), 348-357

Jumas, Dwifitra., Rahim Faizul A.M., Zainon, Nurshuhada, and Utama, P.W (2018). Review of the technique application in conceptual cost Estimation for building Projects: a bibliometric analysis. *Malaysian Construction Research Journal,*26(3) 53-56

Kim, H.-J., Seo, Y.-C., & Hyun, C.-T. (2012). A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects. *Automation in Construction, 25*, 72-81.

Love, P. E. D., Tse, R. Y. C., & Edwards, D. J. (2005). Time–cost relationships in Australian building construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management, 131*, 187-194.

Marzouk, M. M., & Ahmed, R. M. (2011). A case-based reasoning approach for estimating the costs of pump station projects. *Journal of Advanced Research, 2*, 289–295.

Olanrewaju, A. & Anavhe, J.P Services that quantity surveyor provide in Nigeria. In Proceedings: International conference on project management (ICoPM) 18 – 20 November, 2008, Kuala Lumpur, Malaysia. Organized by the University Malaya, 2008

Phaobunjong, K. (2002). *Parametric Cost Estimation Model fo rConceptual Cost Estimation of Building Consruction Project*. Retrieved from Texas:

Wibowo, & Wuryanti. (2007). Capacity factor based cost models for buildings of various functions. *Civil Engineering Dimension, 9*(2), 70-76.

BAB 2
PENGELOMPOKAN DAN PROSES ESTIMASI BIAYA

2-1 PENDAHULUAN

Selama proses estimasi berlasung, seorang QS harus melakukan pekerjaan secara teroganisir dan terstruktur. Estimasi yang terorganisir dengan baik meningkatkan kemungkinan pekerjaan selesai tepat waktu yang nantinya akan memudahkan perhitungan sehingga hasil estimasi sesuai dengan anggaran. Pengelompokan yang teroganisir secara baik mencakup menyelesaikan semua proses estimasi dan menyimpan setiap file secara lengkap dan up tu date.

Untuk menyiapkan perkiraan biaya yang akurat, QS harus melakukan analisis pekerjaan yang cermat dan menyeluruh. Analisis meliputi jenis dan jumlah pekerjaan, jenis dan ukuran peralatan yang akan digunakan selama konstruksi, tingkat produksi tenaga kerja dan peralatan untuk menginstal pekerjaan, dan kondisi tempat kerja lainnya yang unik untuk proyek yang dapat berdampak pada waktu dan biaya konstruksi (Dagostini & Feigenbaum, 2003; Bowen et al., 1987). Selain itu, QS harus menggabungkan pengetahuan tentang metode dan teknik konstruksi ke dalam proses estimasi untuk menyimpulkan berapa biaya sebuah proyek konstrusi (Priyanto, 2000). *Workbook estimating* harus dapat menjelaskan rincian perhitungan kuantitas material, cara memperoleh biaya satuan dari manual biaya yang diterbitkan secara nasional, dan mengalikan kuantitas pekerjaan dengan biaya satuan bahan dan tenaga kerja untuk menentukan perkiraan biaya. Namun, biaya harga satuan dapat sangat bervariasi, tergantung pada volume pekerjaan, kondisi cuaca, harga tender, variasi dalam keterampilan dan produktivitas pekerja, dan berbagai

faktor lainnya. Biaya proyek yang telah diselesaikan sebelumnya dan kutipan biaya dari pemasok, vendor, dan subkontraktor juga harus dikumpulkan (Kaming et al., 1997).

2-2 JENIS-JENIS ESTIMASI

Untuk mencapai akurasi dan hasil yang dipercaya, estimasi biaya harus dipertahankan sepanjang siklus hidup proyek (Yu et al., 2006). Oleh karena itu, semua siklus hidup proyek konstruksi, mulai dari inisiasi melalui perencanaan, desain awal, desain terperinci, pengadaan, konstruksi dan penyerahan proyek sangat penting bagi QS. Gambar 2.1 menggambarkan tahapan konstruksi dalam siklus hidup proyek. Oleh karena itu, dalam melakukan estimasi biaya, proses estimasi biaya harus dimulai dari awal yaitu inisiasi dari klien. Estimasi akan selalu ada di setiap tahapan proyek, dan ini tergantung akan tergantung dari keputusan klien, apakah akan melanjutkan atau tidak.

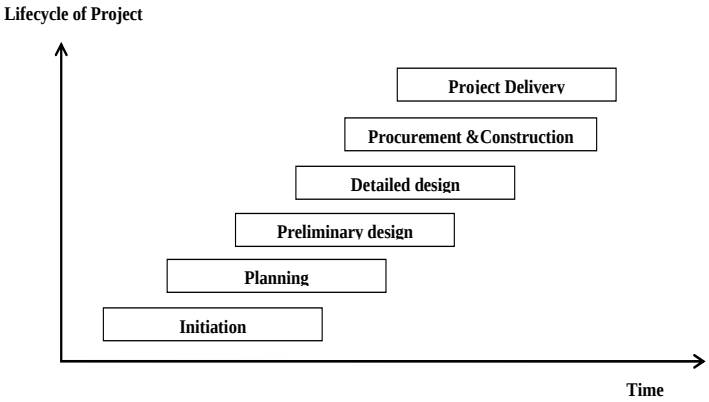


Figure 2.1: Construction Project Life-Cycle (Phaobunjong, 2002)

Sepanjang tahapan siklus hidup proyek konstruksi, jenis estimasi dapat bervariasi. Menurut Ashworth (1995), jenis estimasi biaya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

a) *Preliminary estimation*: estimasi awal, titik awal untuk mengatur proyek konstruksi atau untuk menetapkan tolok ukur untuk proyek

b) *Feasibility estimation*: untuk memutuskan apakah proyek harus dilanjutkan atau tidak
c) *Viability estimation*: mirip dengan kelayakan, suatu investigasi atau memutuskan apakah proyek akan dijalankan atau tidak
d) *Authorization estimation*: rencana biaya akhir yang mencakup perincian pelaksanaan/ metoda konstruksi
e) *Final budget estimation*: suatu bentuk pemeriksaan biaya dari anggaran proyek yang diusulkan
f) *Control Estimation*: dilakukan selama tahap konstruksi, selama pelaksanaan pekerjaan untuk memeriksa kemajuan.

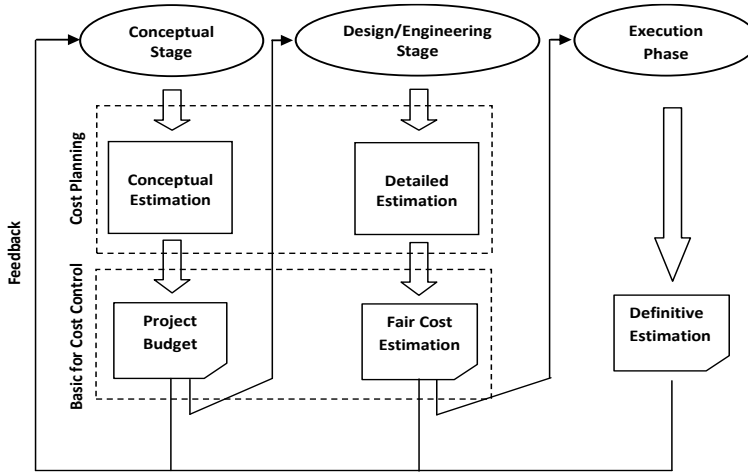


Figure 2.2: Types of cost estimation within the cost planning and controlling processes (Phaobunjong, 2002)

Di sisi lain, Dagostino & Feigenbaum (2003) dan Phaobunjong (2002) mengklasifikasikan jenis estimasi biaya menjadi tiga kategori, yaitu:

a) Conceptual cost estimation (CCE)
b) Detailed cost estimation
c) Definitive estimation

Gambar 2.2 menunjukkan jenis-jenis estimasi biaya pada ptoyek konstruksi selama biaya perencanaan dan pengendalian biaya. Estimasi biaya mesti

dilakukan mulai dari tahapan ide atau konsep, diikuti pada saat disain sampai konstruksi berlangsung. Untuk setiap tahapan estimasi ini, harus ada break point yaitu klien selalu dilibatkan dalam setiap pengambilan keputusan, apakah akan menerima atau tidak.

Persiapan estimasi pertama, CCE, akan didasarkan pada berbagai teknik, misalnya, data historis atau jumlah perkiraan. Ketika klien menerima estimasi pertama dan menginstruksikan bahwa proyek harus dilanjutkan ke tahap berikutnya, maka ini menjadi rencana biaya pertama yang dengannya pengembangan desain dan perubahan selanjutnya dipantau. Selama proses pengembangan desain, tugas utama QS sebagai bagian dari tim manajemen biaya adalah sebagai berikut:

a) Untuk memeriksa dan melaporkan biaya solusi desain yang dibuat atau disempurnakan oleh para insinyur
b) Untuk menyiapkan perkiraan komparatif dari berbagai solusi desain atau alternatif dan memberi saran kepada para insinyur
c) Ketika perubahan dimasukkan ke dalam proyek, untuk memperkirakan dan melaporkan dampak biaya dari perubahan tersebut

Selanjutnya, harus ada dialog berkelanjutan antara desainer dan QS; idealnya keduanya harus bekerja bersama di kantor yang sama selama tahap kritis pengembangan desain.

Adapun tiga jenis estimasi biaya dapat disimpulkan dalam tiga kategori:

1) *Conceptual Cost Estimation* (CCE)

CCE penting secara strategis karena merupakan bagian penting dari perencanaan proyek. Namun, informasi proyek terperinci terbatas pada fase awal seperti itu, yang menyebabkan ketidakpastian; juga memperkirakan kebutuhan akan terjadi dalam periode waktu terbatas. Tidak ada gambar yang tersedia ketika estimasi biaya konseptual dilakukan. Secara umum, ini terjadi karena pemilik proyek tidak memiliki informasi yang cukup tentang bagaimana deskripsi proyek akan dibangun. Namun, akurasi estimasi sulit diperoleh pada tahap awal karena: (1) desain detail tidak dilakukan, informasi desain (seperti

dimensi dan material) yang diperlukan untuk estimasi tidak tersedia; (2) karena harga bahan, tenaga kerja, dan peralatan berfluktuasi di pasar, informasi harga yang paling baru jarang dicerminkan dalam estimasi; dan (3) sifat yang tidak pasti dari proses konstruksi dapat mengakibatkan biaya yang tak terduga (Akintoye dan Fitzgerald, 2000).

Ada banyak teknik konseptual yang diusulkan untuk menyelesaikan masalah yang dikenal sebagai *Cost Estimation Model* (CEM). CEM adalah proses asumsi untuk menciptakan biaya atau keluaran pekerjaan dengan menganalisis data atau pengetahuan (Curran, Raghunathan, & Price, 2004; Langmaak et al., 2013; Sonmez, 2011). Lebih lanjut, ketika menyiapkan jenis estimasi ini, QS atau insinyur perlu membuat asumsi virtual untuk setiap aspek proyek. Oleh karena itu, ketersediaan data historis penting, dan penilaian subjektif memainkan peran penting dalam estimasi (Alkas & Jrade, 2000; Kim et al., 2012). Penjelasan lebih lanjut tentang CCE dapat di lihat pada Bab 3.

2) *Detailed Cost Estimation*

Perkiraan biaya terperinci mencakup penentuan jumlah dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek. QS harus memiliki satu set dokumen kontrak lengkap untuk melaksanakan jenis estimasi terperinci ini. Tenaga kerja, bahan, peralatan, asuransi, overhead, dan keuntungan adalah bagian yang mesti dihitung dalam *detailed estimation*. Ini berarti bahwa setiap item pekerjaan harus diklasifikasikan ke dalam bagian estimasi biaya dan perlu didefinisikan serta diberi harga.

Selain itu, jika melibatkan sub-kontraktor, perlu perjanjian yang jelas antara kontraktor dan sub-kontraktor tentang apa yang harus di lakukan. Seperti contoh, kesepakatan tentang siapa yang menyediakan barang-barang pendukung pekerjaan dilapangan, seperti derek dan perancah yang sangat dibutuhkan. Akhirnya nilai proyek ditetapkan dengan mempertimbangkan semua harga diatas termasuk waktu untuk menyelesaikan, dan kompleksitas dari proyek.

Di bawah ini adalah langkah-langkah dalam mengerjakan estimasi terperinci:

a) Periksa gambar dan spesifikasi dengan hati-hati untuk memastikan bahwa mereka memiliki segalanya, termasuk semua tambahan. Jika ada perbedaan, tanyakan kepada arsitek / insinyur dan ikuti prosedur yang sama dengan spesifikasinya.

b) Memindai gambar untuk merasakan proyek. Seberapa besar itu? Bentuk apa itu? Apa bahan utamanya? Perhatikan ketinggian dan lainnya. Pada langkah ini, penting bahwa estimator memahami proyek.

c) Tawaran yang diajukan didasarkan pada gambar dan spesifikasi. Baca dan pelajari spesifikasi secara menyeluruh dan tinjau jika diperlukan. Perhatikan semua item yang ada dalam spesifikasi.

d) Kunjungi tempat proyek yang akan dibangun setelah melakukan pemeriksaan awal terhadap gambar dan spesifikasi. Informasi yang diperoleh dari kunjungan lapangan akan mempengaruhi penawaran proyek.

e) Periksa dengan teliti kondisi umum dan rincian tambahan.

f) Setelah semua langkah diatas dilakukan, QS boleh memulai perhitungan. Setiap item harus diperhitungkan, dan harus selengkap mungkin. Item harus dilist dengan cara yang sama dan satuan ukuran yang sama untuk semua item pekerjaan.

g) Pada saat QS sedang mempersiapkan take-off kuantitas pada lembar kerja, tugas-tugas berikut juga dapat berlangsung:

   - Beri tahu subkontraktor, pemasok bahan, dan perwakilan pabrikan bahwa perusahaan sedang menyiapkan proposal untuk proyek dan bertanya kepada mereka apakah mereka bermaksud mengajukan penawaran untuk proyek tersebut.
   - Mulailah membuat daftar semua item overhead yang harus dimasukkan dalam proyek. Ini akan mempercepat penetapan harga barang-barang ini di masa depan.

h) Informasi tentang work up dibawa ke lembar ringkasan. Bekerja dengan hati-hati, periksa ulang semua angka dan juga semua persyaratan untuk pengajuan proposal estimasi.

3) *Definitive Estimation*

Antara estimasi konseptual dan estimasi terperinci, estimasi lain dilakukan ketika proyek menjadi lebih jelas dan lebih banyak informasi tersedia. Estimasi tersebut diperlukan untuk menilai biaya yang diharapkan paling akurat dari proyek pada saat estimasi tersebut dilakukan. Estimasi ini dapat disebut sebagai anggaran, alokasi, kontrol, semi detail, estimasi desain atau rekayasa, dan dilakukan untuk tujuan menetapkan anggaran proyek, dan untuk memantau dan mengendalikan biaya proyek.

Selain perkiraan pra-konstruksi yang tercantum di atas, perkiraan lain juga dilakukan selama tahap konstruksi proyek atau setelah penyelesaian konstruksi untuk menilai biaya aktual aktual proyek. Estimasi pada tahap ini dikenal sebagai estimasi definitif. Estimasi ini adalah pembaruan estimasi terperinci dengan penekanan pada biaya konstruksi aktual dan bukan yang diproyeksikan (Bley, 1990).

Berbagai perkiraan yang dibahas di atas dilakukan secara berurutan, dengan perkiraan biaya sebelumnya menjadi input untuk yang berikutnya. Perkiraan tersebut secara berurutan disempurnakan, memasukkan informasi baru dan dengan demikian menjaga estimasi yang terus diperbarui yang menjadi anggaran, tersedia untuk proses kontrol. Seiring kemajuan proyek, jumlah yang tidak diketahui dan tidak pasti berkurang, sementara tingkat detail dan informasi proyek meningkat. Dengan cara ini, keakuratan estimasi meningkat saat bergerak dari konseptual ke estimasi terperinci.

2-3 METODE ESTIMASI BIAYA

Dalam literatur, banyak klasifikasi teknik estimasi biaya yang berbeda dapat ditemukan. Para peneliti telah mengembangkan klasifikasi mereka sendiri, membuat asumsi dan pertimbangan yang berbeda. Misalnya, Cavalieri, S., dkk (2004); Asiedu dan Gu (1998) mempertimbangkan tiga teknik

kuantitatif: teknik berbasis analogi, pendekatan parametrik dan terperinci. Roy (2003) mengidentifikasi lima teknik utama: tradisional, parametrik, berbasis fitur, penalaran berbasis kasus dan jaringan saraf. Newnes, dkk (2008) mengidentifikasi dua teknik estimasi biaya dasar: generatif atau terperinci dan parametrik. Evans, dkk (2008) memecah teknik estimasi biaya menjadi sepuluh metode yang berbeda: parametrik, jaringan saraf, penilaian ahli, berbasis fungsi, berbasis fitur, teknologi grup atau berbasis analogi , generatif, penalaran berbasis kasus, sistem berbasis pengetahuan dan penetapan biaya berdasarkan aktivitas. Banyak penulis setuju bahwa metode estimasi biaya dapat diklasifikasikan secara luas seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 2.4 (Cavalieri, dkk, 2004; Datta & Roy, 2010; Niazi & Dai, 2006)

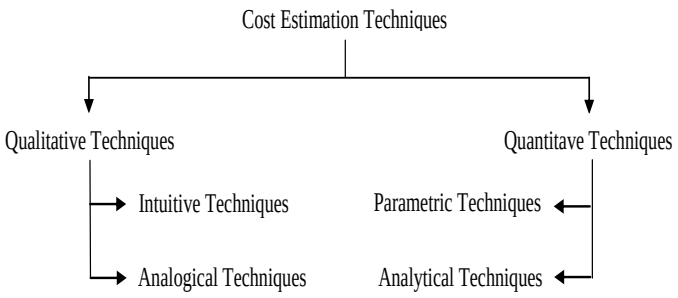


Figure 2.4: Classification of Cost Estimation Techniques, adapted from Cavalieri, Maccarrone, & Pinto (2004); Datta and Roy (2010) and Niazi and Dai (2006)

Namun, teknik di atas tidak dapat digunakan untuk seluruh siklus hidup proyek (Duverlie & Castelain, 1999). Tabel 2.1 menunjukkan pendekatan umum untuk memilih teknik dan siklus hidup proyek untuk cost estinasi. Beberapa teknik lebih baik daripada yang lain tergantung pada konteksnya.

Table 2.1: Use of Cost Estimation Techniques, adapted from Duverlie & Castelain (1999)

Screening or feasibility	Concept study or feasibility	Budget & Authori-zation	Control or Bid/Tender	Check Estimate or Bid/Tender
Intuitive				
Analogical				
Parametric				
Analytical				

2.3.1 Metode Kualitatif

Secara umum, metode kualitatif menurut Fellows dan Liu (2008) adalah; "Pendekatan kualitatif berupaya mendapatkan wawasan dan memahami persepsi orang tentang pandangan dalam menilai atau menentukan biaya. Dalam penelitian kualitatif, kepercayaan, pemahaman, pendapat, pandangan, dan lain-lainnya serta data yang dikumpulkan mungkin tidak terstruktur, setidaknya dalam bentuk 'mentah', tetapi akan cenderung terperinci, dan karenanya, 'kaya' dalam konten dan ruang lingkup. "

Dalam interpretasi yang lebih teknis dalam estimasi biaya, teknik kualitatif dapat didefinisikan sebagai asumsi dan penilaian yang dilakukan oleh penaksir biaya dan QS selama pembuatan estimasi. Asumsi dan penilaian ini terkait dengan bagaimana memperkirakan biaya dengan merujuk pada proyek-proyek masa lalu sebagai dasar untuk menghasilkan estimasi baru (Datta & Roy, 2010; Niazi & Dai, 2006; Rush & Roy 2001a). Dalam hal itu, pengalaman sebelumnya dapat memberikan bantuan yang berguna untuk menghasilkan perkiraan biaya yang dapat diandalkan untuk proyek baru. Teknik kualitatif dapat dikategorikan ke dalam teknik *intuitive* dan *analogical*.

- *Intuitive*: estimasi berdasarkan pengalaman seorang estimator atau QS
- *Analogical*: estimasi dibuat berdasarkan definisi dan analisis dari tingkat kesamaan proyek yang akan dibuat dengan proyek-proyek sebelumnya.

Agar hasil estimate yang lebih akurat perlu dilakukan criteria evaluasi ekplisit agar pengambilan keputusan menjadi konsisten (Lai, Wang, dan Wang 2008). Untuk mendukung hal diatas, menurut Niazi dan Dai (2006), diperlukan metodologi berbasis kasus yaitu CBR (Case-Based Reasoning) dan system pengambilan keputusan yaitu DSS (Decision Support System). Hasil kajian dapat disimpan dalam bentuk aturan, pohon keputusan, penilaian, dan lainnya, misalnya, cost data untuk membantu pengguna akhir meningkatkan proses pengambilan keputusan dan menyiapkan perkiraan biaya untuk proyek baru berdasarkan informasi input tertentu.

Studi lain dari teknik intuitive juga menyatakan bahwa proses pengambilan keputusan cendrung subjektif dan akan sulit diambil dan diukur (Akintoye, 2000). Misalnya ketika dilakukan *semi-structured interview* terhadap kontraktor ataupun senior management dalam perusahaan konstruksi lainnya ketika ditanya tentang bagaimana ditanya tentang memperkirakan biaya tidak langsung atau *indirect cost* (Tah et al., 1994).

Faktor-faktor signifikan yang mempengaruhi estimasi biaya konstuksi pada teknik *intuitive* (Cheng, 2014; Akintoye, 2000; (Elhag, Boussabaine, & Ballal, 2005) adalah:

1) scope of contract
2) project risks
3) management and technique
4) environmental and circumstantial influence
5) project complexity
6) project team requirement
7) contract requirement
8) construction time
9) contractor's planning capability
10) procurement methods
11) market conditions, including the level of construction activity

Teknik *analogical* juga merupakan bentuk penilaian ahli (expert) terhadap biaya estimasi dan juga bersifat subyektif (Phaobunjong, 2002). Ini melibatkan penggunaan biaya aktual dari proyek serupa sebelumnya sebagai dasar untuk memperkirakan biaya proyek saat ini (PMI, 1996). Satu atau beberapa proyek dapat digunakan sebagai referensi. Metode ini biasanya melibatkan perhitungan yang sangat sedikit. Setiap perhitungan yang dilakukan biasanya dibatasi menggunakan indeks untuk menyesuaikan biaya dan menentukan biaya rata-rata untuk proyek serupa. Karena sifatnya yang sederhana dan informasi ruang lingkup proyek yang terbatas diperlukan, perkiraan biaya tersebut memiliki akurasi yang sifatnya hanya sebagai pertimbangan kelayakan ekonomi awal.

Namun, teknik *analogical* umumnya metode yang paling tidak menuntut dan paling murah. Estimasi dengan metode ini paling dapat diandalkan ketika proyek referensi atau proyek benar-benar mirip dan tidak hanya dalam penampilan, dan bahwa estimator yang terlibat dalam menyiapkan estimasi memiliki keahlian yang dibutuhkan (PMI, 1996). Penerapan teknik *analogica*l ini umumnya terbatas pada perkiraan Kelas 5 dalam AACE.

2.3.2 Metode Kuantitatif

Secara umum, metode kuantitatif menurut Fellows dan Liu (2008) adalah;

"Pendekatan kuantitatif cendrung berhubungan dengan pengumpulan data sebelumnya, dengan tujuan untuk mempelajari hubungan data tersebut, dan bagaimana hubungannya teori dan temuan dari hasil penelitian sebelumnya. Teknik ilmiah digunakan untuk mendapatkan data pengukuran kuantitatif. Analisis data menghasilkan hasil kuantitatif dan kesimpulan yang berasal dari evaluasi hasil dalam terang teori dan literatur. "

Dalam estimasi biaya, pengetahuan kuantitatif didefinisikan sebagai elemen biaya dan struktur elemen yang diketahui yang membentuk dasar dari estimasi biaya dan yang dapat diukur (Rush & Roy, 2001b). Biaya elemen adalah sebagai jumlah bagian atau jenis (Riquelme & Serpell, 2013; Rush & Roy 2001a; Rush & Roy, 2001b), seperti luas lantai eksternal bruto, tinggi lantai rata-rata, durasi

konstruksi (Stoy & Schalcher, 2007; Stoy, Pollalis, & Schalcher, 2008), jumlah lantai bawah tanah dan di atas tanah (Cheng et al., 2010).

Teknik Kuantitatif dapat dikelompokan menjadi 2 kategori yaitu;

- Parametric: estimasi berdasarkan fungsi analisis dari parameter karateristik proyek
- Analytical: estimasi berdasarkan analisis terperinci (detailed estimate)

Studi tentang estimasi parametrik menjadi topik yang menarik di kalangan peneliti terutama pada tahap awal. Pada dasarnya, studi dilakukan dengan menggunakan Cost Estimating Relationship (CER), yaitu melihat karakteristik antar proyek yang telah selesai dan menerapkan algoritma untuk menentukan perkiraan total biaya proyek (Kwak & Watson, 2005). Metode parametric adalah suatu teknik yang unik yang digunakan untuk tujuan memprediksi dan mempertimbangan suatu nilai sebuah proyek yang akan dibangun dengan memperhatikan segala parameter yang potensial untuk memperkirakan nilai secara keseluruhan (Gunduza dkk., 2011).

Estimasi *analytical* berdasarkan analisis terperinci dibuat atas dasar dua aplikasi, yaitu mengusulkan penawaran untuk suatu pekerjaan dan untuk digunakan sebagai dasar untuk mengendalikan suatu proyek. Teknik estimasi biaya ini dapat dilakukan setelah melengkapi data/ informasi mengenai proyek, seperti ketersediaan dokumen gambar, spesifikasi teknis, dan dokumen pendukung lainnya. Hasilnya akan lebih akurat dibandingkan dengan teknik lain karena data/ informasi yang lengkap diperlukan.

Tabel 2.2 dibawah ini menyimpulkan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing teknik estimasi yang dapat digunakan atau disesuikan pada tahapan siklus proyek.

Tabel 2.2: Perbandingan berbagai teknik estimasi biaya
(Datta dan Roy, 2010)

Teknik Estimasi	Advantages	Limitation
Intuitive	Quick to produce and flexible Few resources in term of time and cost Can be as accurate as other more expensive method	Prone to bias and error Inconsistent and unstructured process Nondeterministic as each expert reaches a different estimate
Parametric	Rapidity of execution Repeatable and objective Less information required than analytical Good for budgetary estimates or baseline assessment	Parameter not included can became important Useful in combination with other method CERs are too simplistic to predict costs Uncertainties are high as CER specification are not available
Analogy	Reasonably quick and based on actual data Requires few data Use knows the origin of the estimate No requirement of full understanding of problem Accurate for minor difference from analogous case	Subjective adjustments Accuracy depends on similarity of items Difficult to assess effect of design change Blind to cost drivers More difficult than parametric method as it required cases database, similarity measure, adaptation

		functions and case indexations
Analytical	More accurate than analogy and parametric Detailed breakdown useful for negotiation	Time consuming Inappropriate for estimation at early stage

2-4 KEAKURATAN ESTIMASI BIAYA

Tujuan estimasi adalah untuk membuat prediksi atau perkiraan biaya untuk sebuah proyek. Untuk itu, harus ada titik referensi dalam mengukur kinerja perkiraan yang bergantung pada seberapa akurat estimasi terhadap nilai penawaran. Akurasi menyiratkan kedekatan dengan berbagai nilai aktual. Definisi akurasi adalah tidak adanya kesalahan dalam perhitungan nilai, atau pernyataan bahwa semakin kecil kesalahan, semakin tinggi akurasi dan sebaliknya (Flanagan dan Norman, 1983). Ukuran akurasi biasanya didefinisikan dalam hal rasio penawaran terendah terhadap prakiraan, persentase di mana tawaran terendah melebihi perkiraan, atau perbedaan antara penawaran terendah dan perkiraan, dan jumlah total dari kesalahan.

Untuk menafsirkan tingkat akurasi dengan tepat, ada dua komponen utama yang harus diperhatikan yaitu bias dan konsistensi (Skitmore, 1991; Ashworth, 1995). Bias dapat diukur dengan melihat nilai mean, median, Pearson r, Spearman's rho, the coefficient of the errors atau the percentage errors/the ratios. Sedangkan konsistensi dapat diukur dengan standar deviasi dan koefisien variasi kesalahan, persentase kesalahan atau rasio seperti pada bias di atas. Untuk tingkat variasi di sekitar rata-rata, dapat dalam besaran rata-rata dalam data yang tersedia.

Menurut AACE 18R-97 (2005), ada lima kelas tingkatan akurasi berdasarkan fase siklus hidup proyek konstruksi seperti yang tercantum pada Tabel 2.3. Lima kelas tingkatan tersebut dari 1 hingga 5, dengan kelas 1 menjadi estimasi paling akurat yang membutuhkan upaya maksimal, sedangkan kelas 5 adalah yang paling tidak akurat dan membutuhkan jumlah upaya minimum untuk mempersiapkan.

Fase siklus proyek akan memberikan informasi yang dibutuhkan sesuai dengan perubahan estimasi dari kelas 5 ke kelas 1. Metodologi yang digunakan juga berubah dari penilaian (proses non-kuantitatif dimana kesimpulan dan keputusan dibuat berdasarkan pengalaman dan pendapat dari keputusan tersebut) atau *stochastic* (sebagai proses probabilistik, di mana setidaknya satu dari input ke model *stochastic* tidak pasti dan tergantung pada variasi). Untuk estimasi kelas 5, tingkat informasi yang tersedia terbatas, sehingga hanya mengarah pada proses estimasi penilaian atau stokastik. Ketika tingkat definisi proyek meningkat, metodologi estimasi bergerak dari proses *stochastic* ke proses *deterministic*.

Table 2.3: Cost estimate classification matrix,
AACE 18R-97 (2005)

Estimate Class	Project Definition (% of complete definition)	End Usage (typical purpose of estimate)	Methodology (typical estimating method)	Accuracy Range (% of variation in low and high ranges) [a]	Preparation Effor (index relative to project cost) [b]
Class 5	0 -2	Concept screening	Capacity factored, parametric models, judgment or analogy	L: -20 to -50 H: 30 to 100	1
Class 4	1-15	Study or feasibility	Equipment factor and parametric model	L:-15 to -30 H: 20 to 50	2 to 4

Table 2.3: Cost estimate classification matrix (Cont')

Estimate Class	Project Definition (% of complete definition)	End Usage (typical purpose of estimate)	Methodology (typical estimating method)	Accuracy Range (% of variation in low and high ranges) [a]	Preparation Effor (index relative to project cost) [b]
Class 3	10-40	Budget authorization or cost control	Semi-detailed unit cost with assembly level line items	L:-10 to -20 H: 10 to 30	3 to 10
Class 2	30-70	Control of bid or tender	Detailed unit cost with forced detailed take off	L:-5 to -15 H: 5 t0 20	4 to 20
Class 1	50-100	Check estimate, bid or tender	Detailed unit cost with detailed take off	L:-3 to -10 H: 3 to 15	5 to 100

NB : [a] The availability of applicable reference cost data can affect the range markedly; [b] If the range index value of "1" represents 0.005% of project cost, then an index value of 100 represents 0.5%. Estimate preparation is highly dependent upon the size of the project and the quality of the estimating data.

Seperti yang terlihat pada Tabel 2.3, lima kelas dari tingkatan estimasi diberi label dari 1 hingga 5, dengan kelas 1 sebagai estimasi paling akurat yang membutuhkan upaya paling besar, sedangkan kelas 5 adalah yang paling tidak akurat dan membutuhkan sedikit upaya untuk mempersiapkan. Tingkat informasi proyek yang diperlukan meningkat ketika estimasi berubah dari kelas

5 ke kelas 1. Metodologi yang digunakan juga berubah dari *judgmental* atau stochastic untuk kelas 5 menjadi metode *deterministic* sepenuhnya untuk kelas 1. Hal ini karena pada kelas 5, tingkat informasi yang tersedia terbatas, sehingga hanya mengarah pada proses estimasi *judgmental* atau stochastic dan begitu sebaliknya.

Berdasarkan definisi level, penggunaan akhir, dan metodologi yang digunakan untuk kelas 4 dan kelas 5 dapat dianggap sebagai subkelompok di bawah kategori estimasi biaya konseptual (CCE). Ini karena tingkat data biaya dari definisi proyek historis adalah satu-satunya penentu karakteristik kelas. Data biaya dari proyek historis akan digunakan sebagai fungsi analitis dari serangkaian parameter untuk karakteristik proyek. Hasil estimasi kelas 4 ini dapat dipertimbangan sebagai masukan untuk besarnya anggaran yang di gunakan pada sebuah proyek.

2-5 KESIMPULAN

Bab ini menyajikan tinjauan estimasi biaya sebagaimana diterapkan pada proyek pembangunan. Tinjauan literatur menunjukkan bahwa estimasi biaya merupakan hal mendasar bagi proyek konstruksi dan sangat memengaruhi perencanaan, desain, penawaran, penganggaran biaya, dan manajemen konstruksi. Banyak item yang memengaruhi dan berkontribusi pada biaya proyek pembangunan; setiap item harus dianalisis, diukur, dan diberi harga. Namun, estimasi tersebut disiapkan sebelum konstruksi aktual. Dengan demikian, banyak studi dan pemikiran harus dimasukkan ke dalam estimasi biaya konstruksi.

Estimasi biaya dapat digolongkan ke dalam tiga jenis; estimasi biaya konseptual (CCE), estimasi biaya terperinci (detailed estimasi) dan estimasi biaya lainnya (estimasi definitif). Teknik-teknik untuk estimasi biaya juga bervariasi tergantung pada konteks penggunaannya seperti *intuitive for screnibg to feasibility*; *analogical for screening, feasibility to budget; parametric for screening, feasibility to budget; and analytical for budget, tender to check estimate.* Bab ini juga menunjukkan tingkat estimasi akurasi yang merupakan hasil harga akhir suatu proyek dapat bervariasi dari nilai titik tunggal yang

digunakan sebagai biaya estimasi proyek. Penjelasan lebih lanjut dan kerangka kerja tentang estimasi biaya pada tahap awal, yang dikenal sebagai estimasi biaya konseptual dijelaskan lebih lanjut dalam bab berikutnya.

Daftar Pustaka

Akintoye, A., & Fitzgerald, E. (2000). A survey of current cost estimating practices in the UK. *Construction Management and Economics, 18*(161-172).

Alkass and Jrade. (2000).*An integrated system for conceptual cost estimates.*Construction information digital liyrary. http://itc.scix.net

Asiedu, Y & Gu, P. (1998). Product life cycle cost analysis: state of the art review. *Internasional Journal of Production Research.*, 36 (4)

Ashworth, A. (1995). *Cost studies of buildings* (Second ed.). England: Longman House, Burn Mill Harlow

Bley, A. F. S. (1990). *Improved Conceptual Estimating Performance Using A Knowledge-Based Approach.* (Doctor of Philopsophy), The Univerity of Texas at Austin, Texas.

Cavalieri, S., Maccarrone, P., & Pinto, R. (2004). Parametric vs. neural network models for the estimation of production costs: a case study in the automotive industry. *International Journal of Production Economics, 91*(2), 165-177.

Cheng, Y.-M. (2014). An Exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management, 32*, 850-860.

Cheng, M.-Y., Tsai, H.-C., & Sudjono, E. (2010). Conceptual cost estimates using evolutionary fuzzy hybrid neural network for projects in construction industry. *Expert Systems with Applications, 37*, 4224-4231.

Curran, R., Raghunathan, S., & Price, M. (2004). Review of aerospace engineering cost modelling: The genetic causal approach. *Progress in Aerospace Sciences, 40*(8), 487-534.

Dagostino, F. R., & Feigenbaum, L. (2003). *Estimating in building construction*. Upper Saddle River, New Jersey,Columbus, Ohio: Prentice Hall.

Datta, P. P., & Roy, R. (2010). Cost modelling techniques for availability type service support contracts: A literature review and empirical study. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, 3*(2), 142-157.

Duverlie, P., & Castelain, J. M. (1999). Cost estimation during design step: parametric method versus case based reasoning method. *Advanced Manufacturing Technology, 15*, 859-906.

Elhag, T. M. S., Boussabaine, A. H., & Ballal, T. M. A. (2005). Critical determinant of construction tendering cost: Quantity surveyors standpoint. *International Journal of Project Management, 23*, 538-545.

Fellows, R., & Liu, A. (2008). *Research Methods for Construction*. British: A John Wiley & Sons, Ltd.

Flanagan, R. & Norman G. (1983). The accuracy and monitoring of quantity surveyors' price forecasting for building work. *Construction Management and Economics.*1 (2), 157-180.

Gunduza, M., Ugurb, L. O., & Ozturk, E. (2011). Parametric cost estimation system for light rail transit and metro trackworks. *Expert Systems with Applications, 38*, 2873-2877.

Kim, H.-J., Seo, Y.-C., & Hyun, C.-T. (2012). A hybrid conceptual cost estimating model for large building projects. *Automation in Construction, 25*, 72-81.

Kwak, Y. H., & Watson, R. J. (2005). Conceptual estimating tool for technology-driven projects: exploring parametric estimating technique. *Technovation, 25*, 1430-1436.

Langmaak, S., Wiseall, S., Bru, C., Adkins, R., Scanlan, J., & Sóbester, A. (2013). An activity-based-parametric hybrid cost model to estimate the unit cost of a novel gas turbine component. *International Journal of Production Economics, 142*(1), 74-88

Lai, Y.-T., Wang, W.-C., & Wang, H.-H. (2008). AHP- and simulation-based budget determination procedure for public building construction projects. *Automation in Construction, 17*, 623-632.

Newnes, L.B., Mileham, AR., & Cheung, WM. (2008). Predicting the whole-life cost of a product at the conceptual design stage. *Journal of Engineering Desain.* 19 (2), 99-112

Niazi, A., & Dai, J. S. (2006). Product cost estimation: techniques classification and methodology review. *journal of Manufacturing Science and Engineering, 128*, 563-575.

Phaobunjong, K. (2002). *Parametric Cost Estimation Model fo rConceptual Cost Estimation of Building Consruction Project*. Retrieved from Texas:

Riquelme, P., & Serpell, A. (2013). Adding qualitative context factors to analogy estimating of construction projects. *Social and Behavioral Sciences, 74*, 190-202.

Rush , C., & Roy , R. (2001a). Expert judgement in cost estimating: Modelling the reasoning process. *Concurrent Engineering, 9*(4), 271-284.

Rush, C., & Roy, R. (2001b). *Capturing quantitative & qualitative knowledge for cost modelling within a concurent engineering (CE) enviroment*. Paper presented at the 8th ISPE International Conference on Concurent Engineering: Research and Applications, Anaheim, California.

Sonmez, R. (2011). Range estimation of construction costs using neural networks with bootstrap prediction intervals. *Expert Systems with Applications, 38*(8), 9913-9917.

Skitmore, M. (1991). *Early stage construction price forecasting: a review of performance*. RICS London.

Stoy, & Schalcher, H.-R. (2007). Residential building projects: building cost indicators and drivers. *Journal of Construction Engineering and Management, 133*(2), 139-145.

Stoy, C., Pollalis, S., & Schalcher, H.-R. (2008). Drivers for cost estimating in early design: case study of residential construction. *Journal of Construction Engineering and Management, 134*(1), 32-39.

Tah, J. H. M., Thorpe, A., & McCaffer, R. (1994). A survey of inderect cost estimating in practice. *Construction Management and Economics, 12*(1), 31-36.

Yu, W. D. (2006). PIREM: a new model for conceptual cost estimation. *Construction Management and Economics, 24*(3), 259-270.

BAB 3
CONCEPTUAL
COST ESTIMATION (CCE)

3.1 PENDAHULUAN

Estimasi biaya konseptual (CCE) adalah proses estimasi biaya awal dalam setiap proyek konstruksi. CCE adalah estimasi pra-desain. Pra-desain biasanya dilakukan dengan informasi desain dan teknik yang terbatas atau tidak ada. CCE sering disiapkan ketika desain dan teknik belum dimulai. Informasi proyek yang tersedia pada tahap-tahap awal ini biasanya adalah terbatas atau dapat berupa parameter saja, seperti jumlah penghuni gedung, luas lantai persegi yang direncanakan, atau volume bangunan parameter lainnya. Metoda estimasi yang biasa digunakan adalah informasi historis untuk memprediksi biaya proyek baru, seperti referensi proyek sebelumnya yang telah selesai untuk memperkirakan biaya proyek baru yang serupa atau sejenis.

Dalam bab ini, diskusi dimulai pada definisi, proses CCE, CCE berdasarkan Permen PUPR No 22 Tahun 2018. Bab ini juga meng-eksplorasi model biaya dan studi kasus yang membahas perhitungan CCE pada proyek pembangunan gedung pemerintah.

3.2 Conceptual Cost Estimation

Persiapan estimasi biaya untuk proyek-proyek konstruksi bukanlah pekerjaan yang mudah karena proyek-proyek konstruksi cenderung memiliki risiko dan ketidakpastian, terutama ketika proyek-proyek berada pada tahap awal. Seperti tersirat dari namanya, "konseptual" umumnya dibuat pada fase awal proyek (Dagostino dan Feigenbaum, 2003). Biasanya, tidak ada gambar yang tersedia saat melakukan CCE; Selain itu, ada deskripsi yang tidak jelas secara verbal atau tertulis tentang ruang lingkup proyek. Saat menyiapkan jenis

estimasi ini, QS atau estimator membuat asumsi tentang pentingnya setiap aspek dalam proyek, mengenai nilai, kuantitas, ukuran atau berat.

Setiap proyek dimulai dari konsep yang diajukan oleh owner dan disempurnakan oleh para desainer. Keputusan perencanaan pada tahap awal proyek ini sangat penting, karena dapat memiliki pengaruh terbesar pada hasil selanjutnya dari proyek. Keputusan perencanaan didasarkan pada beberapa kegiatan perencanaan, salah satunya adalah estimasi biaya konseptual. Perkiraan biaya konseptual adalah penentuan total biaya proyek hanya berdasarkan pada konsep awal umum proyek

3.3 Proses Conceptual Cost Estimation

Proses CCE ditampilkan secara grafis pada Gambar 3.1. Proses dimulai dengan permintaan oleh owner yang dibuat oleh QS atau estimator untuk memperkirakan biaya proyek baru. Bagian terpenting dari permintaan adalah ruang lingkup proyek (Bley, 1990).

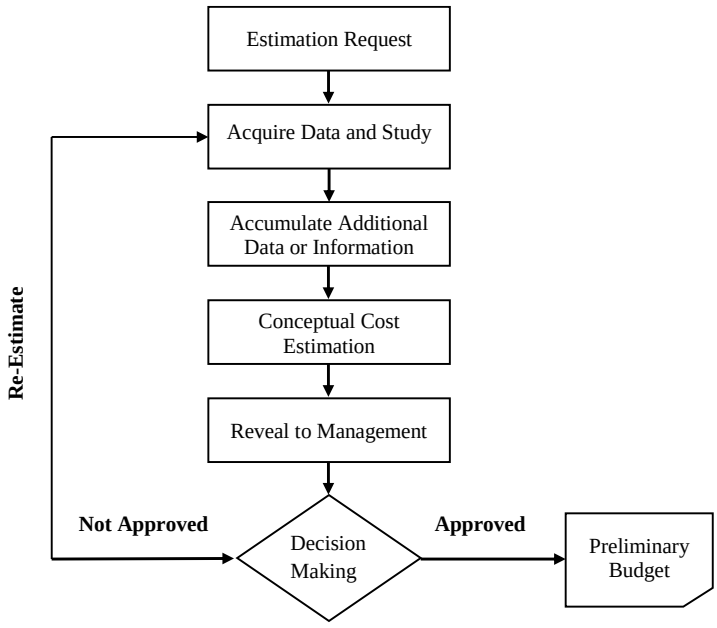


Figure 3.1: The CCE Process, adapted from Bley (1990) and Phaobunjong (2002)

Tugas pertama untuk QS atau estimator adalah untuk mempelajari dan menafsirkan ruang lingkup proyek dan selanjutnya untuk menghasilkan rencana estimasi. Tahap ini juga melibatkan perumusan metodologi dan penentuan informasi tambahan yang dibutuhkan. Tugas selanjutnya adalah mengumpulkan informasi tambahan yang diperlukan untuk CCE. Informasi tambahan ini dapat dipisahkan menjadi dua kategori; data saat ini dan data historis. Data saat ini termasuk yang berkaitan dengan biaya saat ini, produktivitas, kondisi proyek dan tren masa depan. Data historis mencakup yang terkait dengan proyek-proyek masa lalu yang serupa atau sejenis dengan yang diperkirakan.

Pemilihan dan penggunaan data adalah bagian penting dari proses estimasi karena pemilihan informasi yang tidak sesuai akan mempengaruhi kualitas akhir estimasi (Bley, 1990; Phaobunjong, 2002). Seorang QS harus mampu membuat konsep proyek, memahami kegiatan yang perlu dilakukan dan kapan harus dilakukan, dan membandingkan proyek dengan yang sebelumnya jika memungkinkan (O'Corner, 1985).

Melalui semua informasi yang dikumpulkan, proses CCE dapat dilakukan. Tahap ini adalah kunci dari proses estimasi. Output dari tahap ini adalah CCE dan dasar estimasi terdokumentasi yang digunakan untuk mengembangkan atau menghitung biaya yang dibutuhkan. Sangat penting untuk memiliki deskripsi detail dari semua informasi, asumsi, penyesuaian, dan prosedur yang dipertimbangkan dalam estimasi. Sebenarnya, semua dokumen ini diperlukan untuk mendukung estimasi serta untuk evaluasi biaya di masa depan karena perubahan dan modifikasi ruang lingkup proyek (Bley, 1990). Kemudian, hasil CCE diserahkan kepada manajemen untuk pengambilan keputusan. Pada titik ini, proses estimasi selesai dalam siklus ini. Proses dapat diulangi untuk mengakomodasi perubahan dan modifikasi pada ruang lingkup proyek.

3.4 Model CCE berdasarkan Permen PUPR No 22 Tahun 2018

Jumlah gedung suatu negara selalu meningkat setiap tahun. Hal ini diikuti oleh ketersediaan kebijakan untuk pengembangan anggaran negara

jangka panjang. Menurut Liu dan Zhu (2007), Oberlender dan Trost (2001) dan Kinney dan Soubiran (2004), pembuat kebijakan atau pejabat pemerintah memerlukan panduan biaya yang akurat untuk tahap perencanaan kebijakan konseptual yang mencakup pengembangan aset, alokasi anggaran, dan pemilihan alternatif.

Model CCE sangat penting untuk memilih strategi pembangunan gedung negara untuk melihat kelayakan dari beberapa rencana pembangunan dan panduan biaya secara bersamaan. Selain itu, model CCE lebih mudah bagi pengguna yang tidak memiliki keahlian yang cukup dalam melakukan prediksi rekayasa biaya. Memang, sebuah model harus memberikan tingkat akurasi yang dapat diandalkan untuk mengadopsi hasil prediksi biaya untuk aplikasinya (Oberlender & Trost, 2001).

Di Indonesia, untuk proyek-proyek pemerintah, anggaran yang didanai oleh pemerintah pusat dan daerah mengacu pada peraturan yang dikeluarkan oleh Menteri Pekerjaan Umum No. 45/PRT/M/2007 tentang pedoman teknis untuk Bangunan Negara yang telah diperbaharui dengan Permen PUPR No 22/PRT/M/2018 tentang pembangunan bangunan gedung negara. Pedoman ini dapat digunakan dalam persiapan pembiayaan konstruksi berdasarkan harga tertinggi per m2 (HST) bangunan negara untuk setiap wilayah.

HST untuk bangunan negara berbeda untuk setiap klasifikasi bangunan. HST sangat penting dan menjadi referensi bagi praktisi konstruksi, terutama untuk proyek-proyek pemerintah. Standar HST ditetapkan secara teratur oleh masing-masing daerah untuk biaya konstruksi per-m2. Lebih lanjut, CCE ini bermanfaat sebagai referensi dalam beberapa hal, terutama terkait dengan biaya konstruksi bangunan negara yang tidak sengaja di-mark-up proyek serta membangun standar kualitas yang dapat digabungkan oleh pemerintah. Oleh karena itu, HST akan digunakan sebagai alat untuk mengendalikan dan mengelola kegiatan audit dalam proses pembangunan gedung negara.

3.4.1 Klasifikasi Bangunan Negara

Menurut Permen PUPR No 22/PRT/M/2018:

"Bangunan Gedung Negara adalah bangunan gedung untuk keperluan dinas yang menjadi barang milik negara atau daerah dan diadakan dengan sumber pembiayaan yang berasal dari dana APBN, APBD, dan/atau perolehan lainnya yang sah"

Ada tiga (3) tipe bangunan negara yaitu: bangunan sederhana, bangunan tidak sederhana, dan bangunan khusus.

a) Bangunan Sederhana

Bangunan sederhana diklasifikasikan sebagai bangunan negara dengan karakter sederhana, kompleksitas dan teknologi. Masa jaminan kegagalan untuk bangunan ini adalah 10 tahun. Bangunan sederhana ini meliputi:

- Bangunan gedung kantor dan bangunan gedung negara lainnya dengan jumlah lantai sampai dengan 2 (dua) lantai;
- Bangunan gedung kantor dan bangunan gedung negara lainnya dengan luas sampai dengan 500 m2 (lima ratus meter persegi); dan
- Rumah Negara meliputi Rumah Negara Tipe C, Tipe D, dan Tipe E.

b) Bangunan tidak Sederhana

Bangunan tidak sederhana didefinisikan sebagai bangunan negara yang tidak memiliki karakter sederhana. Dengan kata lain, bangunan itu kompleks dan teknologinya tidak sederhana. Masa garansi kegagalan bangunan adalah selama 10 tahun. Bangunannya tidak sederhana meliputi:

- Bangunan gedung kantor dan bangunan gedung negara lainnya dengan jumlah lantai lebih dari 2 (dua) lantai;
- Bangunan gedung kantor dan bangunan gedung negara lainnya dengan luas lebih dari 500 m2 (lima ratus meter persegi); dan
- Rumah Negara meliputi Rumah Negara Tipe A dan Tipe B.

c) Bangunan Khusus

Bangunan khusus adalah bangunan negara dengan persyaratan khusus. Dalam perencanaan dan implementasi gedung ini membutuhkan kelengkapan / teknologi khusus. Jaminan kegagalan gedung di masa depan setidaknya 10 tahun. Bangunan khusus ini meliputi; istana presiden, rumah wisma negara,

pembangunan instalasi pertahanan, gedung polisi nasional dengan penggunaan persyaratan khusus, gedung perwakilan Indonesia di luar negeri, yang mempunyai cirri-ciri sebagai berikut:

- Bangunan Gedung Negara yang memiliki persyaratan khusus, serta dalam perencanaan dan pelaksanaannya memerlukan penyelesaian atau teknologi khusus;
- Bangunan Gedung Negara yang mempunyai tingkat kerahasiaan tinggi untuk kepentingan nasional;
- Bangunan Gedung Negara yang penyelenggaraan-nya dapat membahayakan masyarakat di sekitarnya;
- Bangunan Gedung Negara yang mempunyai resiko bahaya tinggi.

3.4.2 Proses CCE berdasarkan Permen PUPR No 22 Tahun 2018

Gambar 3.2 di bawah ini menerangkan bagaimana proses CCE terjadi yang ditetapkan oleh pemerintah berdasarka Permen diatas. Hal yang terpenting untuk di cermati pada aturan ini adalah proses untuk mendapatkan total luas lantai (TTL). Adapun detail proses tersebut dapat di jelaskan dalam uraian berikut:

1. Informasi awal yang harus dihimpun dinas/dapartemen terkait adalah jumlah penghuni dan lahan peruntukan bangunan tersebut. Jumlah penghuni dimaksudkan untuk mengetahui luas lantai dinas/dapartemen yang bersangkutan. Koefisien penghuni merupakan luas lantai ratarata yang dibutuhkan setiap penghuni gedung yang menjamin kegiatan penghuni berlangsung dengan baik

2. Langkah selanjutnya adalah menentukan total luas lantai gedung yang akan dibangun. Sementara itu, informasi luas lantai yang bukan peruntukan tidak dibakukan agar dinas/dapartemen terkait bisa menyesuaikan dengan kebutuhan yang unik untuk setiap gedung. Biasanya luas lantai yang bukan peruntukan ini bedasarkan judgement dari instansi masing-masing

3. Pemda setempat berperan dalam menentukan harga satuan tertinggi (HST) dan besar luas lantai dasar maksimal (LDM) yang boleh dibangun,

biasanya dinyatakan dalam KDB (koefisien dasar bangunan). KDB merupakan nilai perbandingan antara luas lantai dasar bangunan terhadap lahan peruntukan. (LP)

4. Komparansi antara lahan yang boleh dibangun dengan total luas lantai menghasilkan kesimpulan suatu bangunan gedung itu bertingkat atau tidak.

5. Dari dua informasi konsepsi biaya tersebut dapat dihitung estimasi biaya bangunan gedung. Gedung bertingkat ditetapkan koefisien/faktor penggali untuk masing-masing tingkat, seperti tabel 3.1 berikut.

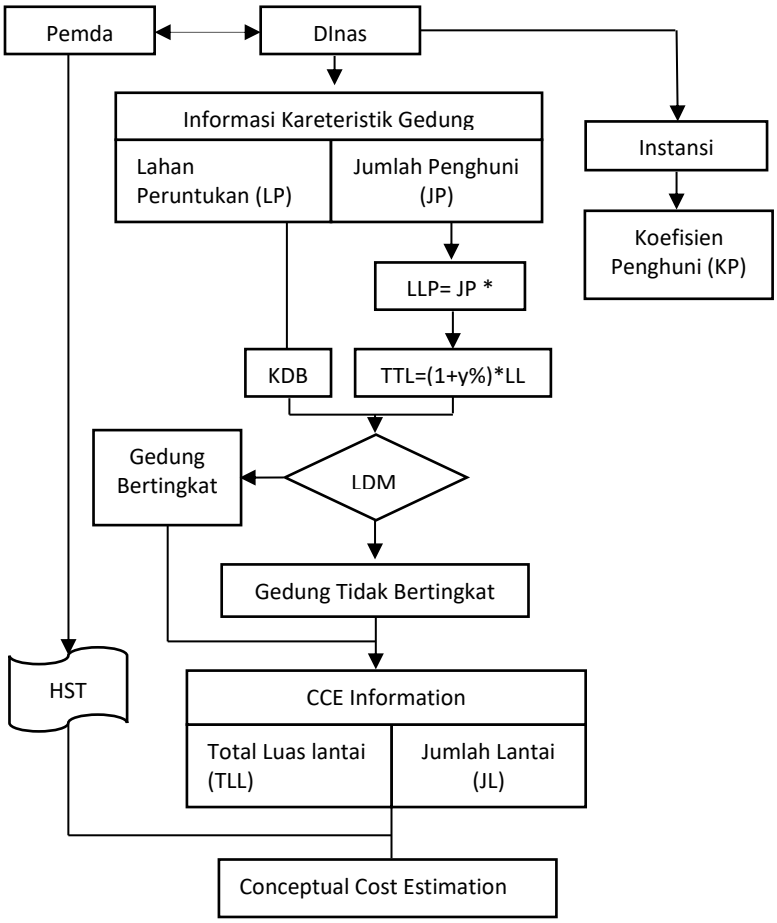


Figure 3.2: The Conceptual Cost Estimation Process

Table 3.1: Faktor Pengali Bangunan Gedung Bertingkat

Jumlah Lantai	Faktor pengali
Bangunan 2 Lantai	1,090
Bangunan 3 Lantai	1,120
Bangunan 4 Lantai	1,135
Bangunan 5 Lantai	1,162
Bangunan 6 Lantai	1,197
Bangunan 7 Lantai	1,236
Bangunan 8 Lantai	1,265

3.4.3 Pembiayaan Pembanguna Bangunan Gedung Negara

Komponen biaya pembangunan bangunan gedung negara meliputi komponen biaya pelaksanaan konstruksi, biaya perencanaan teknis, biaya pengawasan teknis berupa biaya pengawasan konstruksi atau biaya manajemen konstruksi, dan biaya pengelolaan kegiatan. Pembiayaan pembangunan bangunan gedung negara tersebut harus dituangkan dalam Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) atau Daftar Pelaksanaan Anggaran (DPA).

Biaya pelaksanaan konstruksi di bebankan pada biaya untuk komponen konstruksi fisik kegiatan yang bersangkutan. Biaya pelaksanaan konstruksi terdiri atas: biaya standard dan biaya non standar.

a) Biaya standar

Biaya yang dihitung dari hasil perkalian antara total luas bangunan (GFA) dikalikan dengan faktor pengali jumlah lantai (Tabel 3.1) dan standar harga satuan tertinggi (HST) per meter^2

HST adalah biaya maksimum per m2 untuk bangunan negara yang mencakup struktur, arsitektur, utilitas, biaya umum (overhead), pajak, asuransi sesuai dengan ketentuan perundang-undangan. Nilai HST ditetapkan secara berkala

untuk setiap kabupaten/kota oleh bupati/ walikota dan setiap provinsi oleh Gubernur. Nilai HST disesuaikan dengan tahun, klasifikasi, lokasi, dan konstruksi

b) Biaya nonstandar

Biaya nonstandar digunakan untuk pelaksanaan konstruksi fisik nonstandar, perizinan selain Izin Mendirikan Bangunan (IMB), dan penyambungan utilitas yang meliputi pekerjaan:

- Penyiapan dan pematangan lahan
- Peningkatan pekerjaan arsitektur bangunan
- Peningkatan pekerjaan struktur bangunan khusus kelengkapan bangunan yang terdiri atas pekerjaan mekanikal dan pekerjaan elektrikal
- Khusus bangunan gedung ramah lingkungan (*greenbuilding*).

Biaya non standar dapat berpedoman pada rincian persentase pada Tabel 3.2 dibawah ini. Keseluruhan biaya nonstandard ditetapkan paling banyak 150% dari keseluruhan biaya standar.

Table 3.2: Persentase Biaya Pekerjaan Nonstandar

Type of Work	Percentages
Air Conditioner	7-15% dari X
Lift, Excavator or moving walk	8-14% dari X
Tata suara (sound system)	2-4% dari X
Telephone and PABX	1-3% dari X
IT Installation	6-11% dari X
Electrical (including generator)	7-12% dari X
Fire Protection System	7-12% dari X
Penangkal petir khusus	1-2% dari X
Wastewater Treatment Plant	12% dari X
Interior (including furniture)	15-25% dari X
Gas pembakaran	1- 2% dari X
Gas medis	2- 4% dari X

Pencegahan bahaya rayap	1- 3% dari X
Deep Founation	7- 12% dari X
Disabled Facilities and other Need	3- 5% dari X
Sarana dan prasarana lingkungan	3- 8% of X
Peningkatan mutu	30% of Y
Perizinan selain IMB	1% dari X
Penyiapan dan pematangan lahan	3,5% dari X
Pemenuhan green building	9,5% dari X

Note: X= total biaya untuk keseluruhan pekerjaan standar
Y= biaya komponen pekerjaan yang ditetapkan mutunya

Biaya standard dan nonstandar ini disebutkan juga dengan biaya pelaksanaan konstruksi. Sedangkan komponen biaya lainya, meliputi; biaya perencanaan teknis, pengawasan teknis, manajmen konstruksi dan pengelolaan kegiatan. Untuk besarnya biaya komponen lainnya ini, dihitung berdasarkan persentase (%) biaya komponen masing-masing yang nantinya disesuaikan dengan klasifikasi bangunan gedung negara seperti pada Permen PUPR No 22 Tahun 2018.

a) Biaya perencanaan teknis

Biaya perencanaan ditetapkan dari hasil seleksi atau penunjukan langsung pekerjaan yang bersangkutan yang meliputi:

- Honorarium tenaga ahli dan tenaga penunjang
- Materi dan penggandaan laporan
- Pembelian dan sewa peralatan
- Sewa kendaraan
- Biaya rapat
- Perjalanan lokal maupun luar kota
- Biaya komunikasi
- Asuransi atau pertanggungan (*professional indemnity insurance*)
- Pajak dan iuran daerah lainnya
- Biaya pengawasan teknik

- Biaya pengelolaan kegiatan

Pembayaran biaya perencanaan teknis didasarkan pada pencapaian prestasi atau kemajuan perencanaan setiap tahapan yang meliputi:

- Tahap konsepsi perancangan sebesar 10%
- Tahap pra rancangan sebesar 20%
- Tahap pengembangan rancangan sebesar
- Tahap rancangan detail meliputi penyusunan rancangan gambar detail dan penyusunan Rencana Kerja dan Syarat (RKS), serta Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar 25%
- Tahap pelelangan penyedia jasa pelaksanaan konstruksi sebesar 5%
- Tahap pengawasan berkala sebesar 15%

b) Biaya pengawasan kontruksi

Biaya pengawasan konstruksi ditetapkan dari hasil seleksi atau penunjukan langsung pekerjaan yang bersangkutan yang meliputi:

- Honorarium tenaga ahli dan tenaga penunjang;
- Materi dan penggandaan laporan
- Pembelian dan atau sewa peralatan
- Sewa kendaraan
- Biaya rapat
- Perjalanan lokal dan luar kota
- Biaya komunikasi
- Penyiapan dokumen sertifikat laik fungsi
- Penyiapan dokumen pendaftaran
- Asuransi atau pertanggungan (*indemnity insurance*)
- Pajak dan iuran daerah lainnya

Pembayaran biaya pengawasan konstruksi dilakukan secara bulanan atau tahapan tertentu yang didasarkan pada prestasi atau kemajuan pekerjaan pelaksanaan konstruksi fisik di lapangan. Pembayaran biaya pengawasan konstruksi dapat dilakukan sebagai berikut:

- Pengawasan konstruksi tahap pelaksanaan konstruksi fisik sampai dengan serah terima pertama (*Provisional Hand Over*) pekerjaan konstruksi paling banyak sebesar 90%
- Pengawasan konstruksi tahap pemeliharaan sampai dengan serah terima akhir (*Final Hand Over*) pekerjaan konstruksi sebesar 10%

c) Biaya manajemen konstruksi

Biaya manajemen konstruksi ditetapkan dari hasil seleksi atau penunjukan langsung pekerjaan yang bersangkutan yang meliputi:

- Honorarium tenaga ahli dan tenaga penunjang;
- Materi dan penggandaan laporan
- Pembelian dan atau sewa peralatan
- Sewa kendaraan
- Biaya rapat
- Perjalanan lokal dan luar kota
- Biaya komunikasi
- Penyiapan dokumen sertifikat laik fungsi
- Penyiapan dokumen pendaftaran
- Asuransi atau pertanggungan (*indemnity insurance*)
- Pajak dan iuran daerah lainnya

Pembayaran biaya manajemen konstruksi dilakukan secara bulanan atau tahapan tertentu yang didasarkan pada prestasi atau kemajuan pekerjaan perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Pembayaran sebagaimana dimaksud dapat dilakukan dengan tahapan:

- Persiapan atau pengadaan penyedia jasa perencana sebesar 5%
- Reviu rencana teknis sampai dengan serah terima dokumen perencanaan sebesar 10%
- Pelelangan penyedia jasa pelaksanaan konstruksi fisik sebesar 5%
- Pengawasan teknis pelaksanaan konstruksi fisik yang dibayarkan berdasarkan prestasi pekerjaan konstruksi fisik di lapangan sampai dengan serah terima pertama (*Provisional Hand Over*) pekerjaan konstruksi sebesar 70%

- Pemeliharaan sampai dengan serah terima akhir (*Final Hand Over*) pekerjaan konstruksi sebesar 10%

d) Biaya pengelola kegiatan

Biaya pengelolaan kegiatan digunakan untuk biaya operasional unsure kementrian/ lembaga pengguna anggaran atau organisasi perangkat daerah pengguna anggaran. Biaya operasional tersebut digunakan untuk keperluan:

- Honorarium staf dan panitia lelang
- Perjalanan dinas
- Rapat
- Proses pelelangan
- Bahan dan alat yang berkaitan dengan pengelolaan kegiatan sesuai dengan pentahapannya
- Penyusunan laporan Dokumentasi Persiapan
- Pengiriman kelengkapan administrasi atau dokumen pendaftaran Bangunan Gedung Negara.

3.5 Contoh Studi Kasus

3.5.1 Pengumpulan Data Awal

Contoh studi kasus ini dimulai dengan eksplorasi isu-isu terkait *Cost Estimation Model* (CEM) pada gedung pemerintah, dengan menghitung nilai CCE dan diikuti perhitungan margin of error atau estimate bias antara CCE yang di hitung dengan nilai kontrak. Eksplorasi topik dibagi menjadi dua bagian; bagian pertama adalah mengumpulkan data historis dari proyek-proyek sebelumnya, dan bagian kedua adalah mengumpulkan sumber data dari peraturan pemerintah yang merupakan harga tertinggi per m2 bangunan negara. Untuk data awal, lokasi proyek terbatas pada proyek bangunan di kota Padang.

Harga Satuan Tertinggi (HST) Gedung Negara

Harga satuan tertinggi (HST) per m^2 adalah data penting lainnya yang harus dikumpulkan. HST sangat penting terkait dengan teknik analisis biaya

di Indonesia berdasarkan Permen PUPR No 22 Tahun 2018. Seperti yang telah dibahas dalam sub bab sebelumnya, HST adalah biaya maksimum per m2 untuk bangunan pemerintah yang mencakup struktur, arsitektur, penyelesaian, dan utilitas. Nilai HST ditentukan secara berkala untuk setiap kabupaten / kota oleh bupati / walikota, dan setiap provinsi oleh Gubernur. Nilai HST diterapkan sesuai dengan klasifikasi, lokasi, dan tahun konstruksi.

Table 3.3: The HST of State Building for Padang City
Source: Dinas PU Kota Padang (2015)

Fiscal Year	Multi Storey Building		Single Storey Building	
	Simple building	Building is not simple	Simple building	Building is not simple
2015	3.852.000	5.393.000	2.833.000	3.966.000
2014	3.695.000	5.173.000	2.713.000	3.798.000
2013	3.638.000	5.093.000	2.676.000	3.746.000
2012	3.382.000	4.735.000	2.511.000	3.515.000
2011	3.341.000	4.678.000	2.481.000	3.472.000
2010	3.259.000	4.562.000	2.419.000	3.387.000
2009	3.070.000	4.298.000	2.279.000	3.190.000
2008	2.744.000	3.841.000	2.037.000	2.851.000

Selanjutnya , CCE untuk proyek yang diusulkan akan dihitung sebagai persamaan berikut:

$$CCE = GFA \times HST \times c$$

$$CEM_{total} = CEM_{(i)} + C_{non\ standard}$$

Di mana HST adalah harga tertinggi per m2, GFA adalah luas lantai kotor dan c adalah koefisien jumlah tingkat lantai. Nilai c dapat dilihat pada Tabel 3.1 Untuk biaya pekerjaan fisik non-standar (C), total biaya pekerjaan non-standar maksimum 150% dari total biaya standar bangunan negara yang relevan, yang dalam penyusunan anggaran, antara lain rincian dapat dipandu pada lampiran yang terdapat pada Permen PUPR No 22 Tahun 2018.

Cost Data dari Proyek Sebelumnya

Cost Data dari proyek sebelumnya adalah parameter paling penting yang digunakan untuk penyelidikan tentang ketidaktepatan atau kesalahan margin antara CCE yang di hitung dengan nilai kontrak. . Data diperoleh dari dokumen kontrak dari penawar yang sukses. Persyaratan dokumen kontrak dalam pemrosesan data adalah memiliki bill of quantity (RAB), analisis harga satuan (AHS) dengan pekerjaan yang lengkap untuk setiap pekerjaan yang tercantum dalam RAB dan gambar konstruksi untuk menentukan area bangunan. Informasi lain yang diperoleh dari setiap proyek, seperti lokasi, jenis bangunan, dan tahun pembangunan juga diperlukan. Semua data proyek sebelumnya berasal dari proyek konstruksi bangunan baru. Cost data yang digunakan pada tahun yang berbeda, yaitu antara 2008 hingga 2015.

Table 3.4: Previous Project Data in Padang City

Year	Name of Building	Type of Building	GFA (m^2)	Project Value (Rupiah)
2015	Gedung Kuliah	2 lantai, BTS	1059	3.836.820.893
2015	Ruang Kelas	1 lantai, BS	191	429.818.182
2014	Gedung Kuliah	4 lantai, BTS	3746	14.200.000.000
2014	Kantor Pertanian	4 lantai, BTS	1013	4.768.169.156
2014	Kantor KAN	2 lantai, BTS	1465	9.684.110.000
2014	Kantor Camat	2 lantai, BTS	836	3.104.536.364
Year	Name of Building	Type of Building	GFA (m^2)	Project Value (Rupiah)
2014	Kantor BPS	3 lantai, BTS	1656	6.956.074.059
2014	Puskemas	1 lantai, BS	248	542.169.600
2013	Ruang Kelas	1 lantai, BS	254	549.091.600

2012	Dinas Pertenakan	3 lantai, BTS	2548	11.121.774.251
2012	Gedung Kejaksaan	4 lantai, BTS	6709	39.681.818.619
2012	Kantor Camat	3 lantai, BTS	837	2.877.290.122
2012	Sekolah Dasar	1 lantai, BS	866	2.580.600.000
2012	Mushalla kantor	1 lantai, BS	271	929.304.960
Year	Name of Building	Type of Building	GFA (m^2)	Project Value (Rupiah)
2011	Gedung Kuliah 3	2 lantai, BTS	1869	6.671.291.749
2011	Sekolah Dasar	1 lantai, BS	605	1.811.655.500
2001	Sekolah Dasar	1 lantai, BS	758	2.181.261.732
2010	Mushalla kantor	1 lantai, BS	200	617.655.068
2010	Kantor PIP2B	2 lantai, BTS	805	2.673.355.441
2009	Gedung Kuliah	3 lantai, BTS	2599	6.508.750.500
2008	Puskemas	1 lantai, BS	210	439.477.500
2008	Puskemas	1 lantai, BS	160	304.243.200

Note: BS= bangunan sederhana;,BTS= bangunan tidak sederhana

Source: Contract Document from Successful Bidders

3.5.2 Analisis Data

Margin of Error* (*Estimation Bias)

Untuk mengeksplorasi frekuensi dan ukuran akurasi, bangunan diatas, data awal yang diambil dari 22 proyek sebelumnya seperti pada Table 3.4. Data dianalisis berdasarkan ukuran proyek (GFA), nilai proyek, jumlah lantai dan jenis proyek. Persentase margin of error atau estimate bias setiap proyek dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Estimate bias} = \frac{\text{Nilai CCE} - \text{Nilai Kontrak}}{\text{Nilai Kontrak}} \times 100$$

Mean estimate bias juga dihitung untuk bangunan bertingkat dan bangunan bertingkat

$$\text{Mean estimate bias } (\bar{X}) = \frac{\sum X}{n}$$

Dimana adalah jumlah proyek

Nilai positif estimasi bias menyiratkan estimasi yang berlebihan dalam biaya penganggaran sedangkan nilai negatif menyiratkan estimasi yang kurang dalam biaya penganggaran. Untuk bangunan bertingkat, analisis menunjukkan bahwa penganggaran biaya terlalu tinggi untuk pada 12 proyek dengan margin of error berkisar dari 46% hingga 70% dengan kesalahan rata-rata 55%. Selain itu, untuk bangunan satu lantai, analisis menunjukkan bahwa dalam 1 dari setiap 10 proyek, penganggaran biaya berada dibawah atau kurang dari nilai proyek pada kontrak, dengan nilai bias 3% hingga 31% dengan kesalahan rata-rata 15%.

Hasil analisis pada Tabel 3.4 dan 3.5 menunjukkan bahwa nilai CCE untuk bangunan bertingkat lebih bias dibandingkan bangunan satu lantai dengan kesalahan rata-rata 53% dan 15% secara berurutan. Menurut AACE 18R-97 (2005), tingkat akurasi untuk estimasi pada tahap awal berkisar antara 10% - 30%. Ini menyiratkan bahwa nilai CCE yang dihitung untuk bangunan bertingkat terlalu tinggi. Sedangkan nilai CCE untuk bangunan satu lantai tidak bias karena kesalahan rata-rata 18% berada di kisaran akurasi 10% - 30%. Untuk itu perlu dipertimbangkan CEM lain agar tingkat akurasi estimasi awal dapat ditingkatkan.

Table 3.4: Hasil analisis data pada bangunan bertingkat

Jenis Gedung	Nilai Proyek (Rp)	Nilai CCE (Rp)	Margin of Error (%)	Mean Error (%)	Standard Deviation (%)	Coefficient of Variation (%)
Gedung Kuliah	3.836.820.893	6.222.254.645	62	55	11.3	20
Gedung Kuliah	14.200.000.000	24.193.505.413	70			
Kantor Pertanian	4.768.169.156	6.958.788.660	46			
Kantor KAN	9.684.110.000	12.402.598.572	47			
Kantor Camat	3.104.536.364	4.713.844.520	52			
Kantor BPS	6.956.074.059	11,513,359,872	66			
Dinas Pertenakan	11.121.774.251	16.890.029.100	52			
Gedung Kejaksaan Tinggi	39.681.818.619	64.611.770.541	63			
Kantor Camat	2.877.290.122	4.438.778.400	54			
Gedung Kuliah	6.671.291.749	10.482.417.505	57			
Gedung Percontohan	2.673.355.441	4.403.162.120	65			
Gedung Kuliah	6.508.750.500	9.829.666.967	55			

Table 3.5: Hasil analisis data pada bangunan satu lantai

Jenis Gedung	Nilai Proyek (Rp)	Nilai CCE (Rp)	Margin of Error (%)	Mean Error (%)	Standard Deviation (%	Coefficient of Variation (%)
Ruang Kelas	429.818.182	539.686.500	26	51	8,6	58
Puskesmas	542.169.600	672.824.00	24			
Ruang Kelas	549.001.600	679.704.000	24			
Sekolah Dasar	2.580.000.000	3.042.584.000	18			
Sekolah Dasar	1.811.252.500	2.100.843.443	16			
Sekolah Dasar	2.181.271.272	2.632.131.122	12			
Musholla Kantor	929.304.960	1.047.821.500	13			
Musholla Kantor	617.655.068	672.462.860	9			
Puskesmas	439.427.500	427.765.700	(3)			
Puskesmas	304.243.200	352.616.720	7			

3.6 Kesimpulan

Saat melakukan CCE, biasanya, tidak ada gambar yang tersedia. Apa yang ada adalah deskripsi verbal atau tertulis yang tidak jelas dari ruang lingkup proyek. Oleh karena itu, perlu adanya proses asumsi menghasilkan biaya aktivitas kerja atau output dengan menginterpretasikan data atau pengetahuan yang biasanya dilakukan dengan membuat model biaya. Metoda estimasi yang biasa digunakan adalah informasi historis untuk memprediksi biaya proyek baru, seperti referensi proyek sebelumnya yang telah selesai untuk memperkirakan biaya proyek baru yang serupa atau sejenis.

Di Indonesia, pada tahap awal penentuan anggaran proyek-proyek pemerintah, perhitungan CCE mengacu pada peraturan yang dikeluarkan oleh Menteri Pekerjaan Umum No. 45/PRT/M/2007 tentang pedoman teknis untuk Bangunan Negara yang telah diperbaharui dengan Permen PUPR No 22/PRT/M/2018 tentang pembangunan bangunan gedung negara. Menurut Liu dan Zhu (2007), Oberlender dan Trost (2001) dan Kinney dan Soubiran (2004), panduan biaya yang akurat untuk tahap perencanaan kebijakan konseptual yang mencakup pengembangan aset, alokasi anggaran, dan pemilihan alternatif sangatlah diperlukan

Daftar Pustaka:

Bley, A. F. S. (1990). *Improved Conceptual Estimating Performance Using A Knowledge-Based Approach.* (Doctor of Philopsophy), The Univerity of Texas at Austin, Texas.

Dagostino, F. R., & Feigenbaum, L. (2003). *Estimating in building construction*. Upper Saddle River, New Jersey,Columbus, Ohio: Prentice Hall.

Kinney, CL & Soubiran, N. (2004). Interactive roadmap to conceptual cost estimating. *Cost Engineering,* 46(9), 31-40

Liu, L., & Zhu, K. (2007). Improving cost estimates of construction projects using phased cost factors. *Journal of Construction Engineering and Management*.

Oberlender, G. D., & Trost, S. M. (2001). Predicting accuracy of early cost estimates based on estimate quality. *Journal of Construction Engineering and Management, 127*(3), 173-183.

O'Corner, P. D. (1985). *Practical Reliability Engineering* (2nd ed.). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Permen PUPR Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara No. 22/PRT/M/2018. from http://www.pu.go.id/uploads/services/2011-12-01-12-58-15.pdf

Phaobunjong, K. (2002). *Parametric Cost Estimation Model fo rConceptual Cost Estimation of Building Consruction Project*. Retrieved from Texas:

BAB 4
COST MODEL

4-1 PENDAHULUAN

Kata 'model' berasal dari kata Latin, 'exemplum', yang berarti cara, mode, atau contoh yang harus diikuti, atau contoh dari apa yang mungkin terjadi. Dari segi etimologi menunjukkan bahwa model hanya mewakili gambaran umum tentang dan apa yang mungkin terjadi. Model adalah representasi struktur, atau bagian tubuh yang terorganisir dari bagian yang saling terhubung dan tergantung (Holes, 1987).

Menurut Seeley (1996), kata model didefinisikan sebagai prosedur yang dikembangkan untuk mencerminkan, melalui proses turunan, keluaran yang cukup dapat diterima untuk serangkaian data input yang ditetapkan. Model yang dikembangkan dari informasi atau pengalaman historis atau yang telah lewat, dapat mewakili kenyataan atau tidak (Beeston, 1974; Bowen,1984). Jadi cukup jelas dari definisinya bahwa ketidakpastian memang ada di dalamnya.

Menurut Giddents (1984), aktivitas pemodelan itu sendiri melibatkan proses iteratif identifikasi dan pemasangan model. Identifikasi adalah proses menemukan atau memilih model yang sesuai yang berisi serangkaian elemen yang berguna dan hubungan fungsionalnya untuk tujuan yang diperlukan. Dua pendekatan dasar untuk identifikasi adalah pendekatan konseptual dan pendekatan empiris. Secara ekstrem, identifikasi konseptual mencari model berdasarkan argumen rasional dari beberapa pengetahuan tentang domain, tetapi tanpa referensi ke data aktual. Identifikasi empiris hanya mempertimbangkan data dan sifat-sifatnya tanpa merujuk pada makna data atau situasi di mana mereka muncul. Pemasangan model adalah proses perpindahan dari bentuk umum ke bentuk numerik tertentu dengan menetapkan nilai pada hubungan fungsional dalam model.

4-2 PENGERTIAN COST MODEL

Cost model atau model biaya adalah sistem yang menghasilkan output dari perkiraan harga dari input data historis (Cheung, 2005). Selain itu, Beeston (1987) menganggap bahwa semua metode peramalan dapat digambarkan sebagai model biaya, yang diklasifikasikan sebagai kuantitas, deskriptif atau realistis, dan tugas mereka mungkin untuk meramalkan biaya seluruh desain atau elemen serta dapat menghitung efek biaya dari perubahan desain.

Model biaya adalah model teknis yang digunakan untuk membantu dalam evaluasi implikasi keuangan dari keputusan desain bangunan (Maver, 1979). Skitmore (1992) membedakan model teknis dari model isomorfik. Tipe yang pertama menampilkan langkah penting dalam abstraksi elemen-elemen yang berpengaruh paling signifikan pada awal proses pengembangan model, sedangkan tipe yang terakhir melibatkan pemetaan setiap elemen yang mempengaruhi dalam hasil, yang mahal dan tidak hemat biaya. Membangun model biaya membutuhkan pemilihan sub- elemen dan melihat mana yang member pengaruh utama, atau trade-off biaya-manfaat.

Tujuan dari model biaya adalah untuk menghitung total biaya yang harus dibayar oleh klien untuk bangunan pada setiap tahap dalam evaluasi desain, untuk membandingkan berbagai alternatif desain aktual pada setiap tahap dalam evaluasi desain, untuk membandingkan berbagai alternatif desain yang memungkinkan pada setiap tahap dalam evaluasi desain, dan untuk memperkirakan dampak ekonomi terhadap perubahan kode desain dan regulasi masyarakat (Skitmore 1992). Secara berurutan, model berusaha untuk mewakili item biaya signifikan dari *cashflow bangunan* atau komponen dalam bentuk yang memungkinkan analisis dan prediksi biaya yang akan dilakukan.

4-3 PERKEMBANGAN COST MODEL

Meskipun banyak eksperimen yang telah dilakukan dalam cost model mulai pada tahun 1970, misalnya: (Braby, 1975; Buchanan, 1972; Flanagan & Norman, 1978; Kouskoulas & Koehn, 1974; McCaffer, 1975) dan beberapa mampu menantang hasil eksperimen tersebut. Brandon (1982) membahas perlunya perubahan paradigma dalam membangun riset tentang cost model.

Dia meragukan keandalan cost model yang ada, dan mendesak pengembangan model biaya yang didasarkan pada teori yang kuat. Dengan bantuan teknologi komputer, yang membuat perhitungan rumit jauh lebih mudah daripada sebelumnya, simulasi disarankan sebagai arah untuk melakukan riset lebih lanjut, karena memberikan pemahaman yang lebih baik tentang mengapa biaya tertentu timbul.

Pendekatan baru ini menetapkan kriteria yang lebih eksplisit untuk pengembangan model. Pandangan Brandon menginspirasi dan visioner. Brandon dkk percaya bahwa pendekatan baru untuk pemodelan biaya dan perkiraan harga setelah pergeseran akan memerlukan kebutuhan berkelanjutan untuk data yang diturunkan secara historis dalam eksplorasi tren dan hubungan biaya, dan pentingnya proses penggabungan aspek signifikan dari pemanfaatan sumber daya ke dalam metode estimasi. Mereka juga percaya bahwa pendekatan baru itu akan menuntut pernyataan inferensial yang didukung oleh data yang dapat diandalkan secara statistik, dan pendekatan itu akan bersifat stokastik dalam menghadapi ketidakpastian masa depan secara kreatif melalui penggunaan teknik probabilitas dan simulasi antara karakteristik hubungan yang ada atau antara faktor-faktor yang terlibat. QS atau estimator kemudian akan mendapat keuntungan dari basis pengetahuan yang akan diperoleh melalui pemahaman di lapangan, dan akan mampu menggunakan ini secara sistematis untuk memberikan solusi logis yang koheren untuk pemodelan biaya dan masalah perkiraan harga.

Beeston (1987) tidak mengesampingkan penggunaan metode deskriptif yaitu suatu variabel yang menggambarkan desain dan lingkungannya dengan memperhatikan pengukuran faktor-faktor seperti ukuran, bentuk, jenis konstruksi dan lokasi. Dia menganggap bahwa variable tersebut cocok untuk memperkirakan pada tahap perencanaan awal dan memperkirakan biaya pemeliharaan nantinya.

Semua peneliti diatas mengemukakan bahwa pengembangan sistem pemodelan untuk tujuan untuk desain yang lebih ekonomis harus berusaha mewakili sedekat mungkin dengan biaya sebenarnya. Dengan demikian

pengembangan model biaya baru harus beralih ke transparansi logis, saling ketergantungan dan *stochastic variability.*

4-4 EKSPLORASI COST MODEL

4.4.1 Regression Analysis

Teknik analisis regresi secara statistik dapat menunjukkan kekuatan hubungan antara dua variabel atau lebih. Untuk pendekatan estimasi biaya berdasarkan statistik dan analisis regresi linier telah dikembangkan sejak tahun 1970-an. Analisis regresi pertama kali digunakan untuk memodelkan harga bangunan untuk perkantoran (Tregenza, 1972; Flanagan dan Norman, 1978; Karshenas, 1984; Skitmore, 1991), dan rumah (Braby, 1975; Khosrowshani dan Kaka, 1996). Para peneliti di atas telah mengunakan pemodelan harga bangunan secara keseluruhan.

Tren peneliti menggunakan analisis regresi untuk pemodelan biaya masih berkembang dalam dekade terakhir ini. Kim, dkk (2004) mengatakan bahwa analisis regresi adalah metode statistik yang sangat sederhana dan kuat yang dapat digunakan sebagai teknik analitik dan prediktif untuk memeriksa keandalan estimasi biaya keseluruhan. Selain itu, sebagian besar metode parametrik telah mengadopsi analisis regresi (Ji, Park, & Lee, 2010).

Tujuan Penggunaan Analisis Regresi antara lain:

- Membuat estimasi rata-rata dan nilai variabel tergantung dengan didasarkan pada nilai variabel bebas
- Untuk menguji hipotesis karakteristik dependensi
- Meramalkan nilai rata-rata variabel bebas yang didasari nilai variabel bebas diluar jangkauan sample.

Penggunaan Asumpsi didasarkan pada hal berikut:

- Model regresi harus linier dalam parameter
- Variabel bebas tidak berkorelasi dengan *disturbance term* (Error)
- Nilai *disturbance term* sebesar 0 atau dengan simbol sebagai berikut: (E (U / X) = 0
- Varian untuk masing-masing error term (kesalahan) konstan
- Tidak terjadi otokorelasi

- Model regresi hendaknya dispesifikasi secara benar. Tidak terdapat bias spesifikasi dalam model yang digunakan dalam analisis empiris
- Jika variabel bebas lebih dari satu, maka antara variabel bebas (explanatory) tidak ada hubungan linier yang nyata.

Model regresi biasanya berbentuk:

$Y= a + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_nXn$

Di mana Y adalah beberapa pengamatan yang ingin diprediksi dan X1, X2, ..., Xn adalah ukuran pada beberapa karakteristik yang dapat membantu dalam memprediksi. Nilai a, b1, b2, ..., bn adalah koefisien yang diperkirakan oleh teknik regresi terlait ketersedian beberapa data yang relevan dan kecukupan beberapa asumsi pada data tersebut. Untuk penjelasan lebih lanjut tentang penggunaan analisis regresi dalam pemodelan biaya akan dijelaskan pada contoh studi kasus di Bab 4.6.

4.4.2 Artificial Neural Network (ANNs)

ANN atau Jaringan saraf adalah sistem komputer yang mensimulasikan proses pembelajaran otak manusia yang menawarkan pendekatan alternatif untuk estimasi biaya. Ahn dkk (2014) mengatakan bahwa jaringan saraf dapat lebih bermanfaat ketika melibatkan penilaian intuitif atau ketika pola data menjadi terlalu tidak teratur untuk diidentifikasi dengan teknik tradisional. Selain itu, pengguna tidak perlu mengerahkan terlalu banyak upaya untuk memutuskan kelas hubungan atau distribusi probabilitas variabel (Sonmez, 2004). Namun, penelitian lain menemukan jaringan saraf adalah teknik kotak hitam dan prosesnya memakan waktu untuk menentukan faktor-faktor jaringan yang paling sesuai dengan aplikasi (Adeli & Wu, 1998; Creese & Li, 1995; Hegazy & Ayed, 1998).

Jika data terstruktur diinput kedalam format elemen, maka output dari teknik ANN dapat digunakan untuk perencanaan biaya, perimbangan biaya dan perbandingan biaya. Ketika dikombinasikan dengan teknik probabilistik, metode ini dapat diperluas untuk menangani risiko dan ketidakpastian yang melekat dalam industri konstruksi. Generasi baru dari teknik pemodelan biaya cenderung memanfaatkan kekuatan komputasi komputer. Teknik ANN ini

memanfaatkan sistem pemrosesan kecerdasan manusia tetapi masih ada banyak kendala yang perlu diatasi terutama pada penangkapan dan transformasi pengetahuan para ahli ke dalam database.

4.4.3 Simulation

Teknik yang digunakan untuk membentuk model biaya dalam lingkungan yang tidak pasti adalah simulasi. Simulasi juga disebut sebagai teknik Monte Carlo - atau teknik stokastik - karena adanya proses acak (Bennett & Omerod, 1984). Simulasi Monte Carlo adalah teknik yang digunakan untuk menentukan distribusi probabilitas dari suatu hasil yang bergantung pada semua skenario yang mungkin terjadi. Pengambilan sampel Monte Carlo mengacu pada teknik tradisional untuk menggunakan angka acak atau pseudo-acak untuk sampel dari probabilitas .

Metode ini juga untuk mengenali dan menentukan risiko. Simulasi Monte Carlo tidak hanya menghasilkan satu jawaban, melainkan serangkaian jawaban atau rentang di mana hasilnya bervariasi sebagai fungsi probabilitas kejadian dan juga hasil yang paling diharapkan. Dengan kata lain, Simulasi Monte Carlo menghasilkan ratusan alternatif (skenario) untuk suatu proyek. Jawabannya mungkin berada di mana saja dalam kisaran hasil yang dihasilkan.

Semua input tidak tergantung satu sama lain. Dengan demikian, ketika variabel dikorelasikan, maka koreksi ke Simulasi Monte Carlo diperlukan. Untuk menjelaskan korelasi, matriks korelasi dalam Simulasi Monte Carlo digunakan. Nilai korelasi untuk setiap set variabel dimasukkan dalam matriks, dan ketika simulasi dijalankan, korelasi antar variabel diperhitungkan. Simulasi Monte Carlo dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak analisis risiko. Hasil analisis dapat dilihat secara berbeda oleh orang yang berbeda. Keragaman pendapat ini disebabkan oleh perbedaan tingkat risiko yang dapat diterima di antara individu.

4.4.4 Case Base Reasoning (CBR)

Teknik lain dalam model estimasi biaya konseptual adalah Case Based Reasoning (CBR). Secara singkat CBR didefinisikan sebagai sebuah metodologi

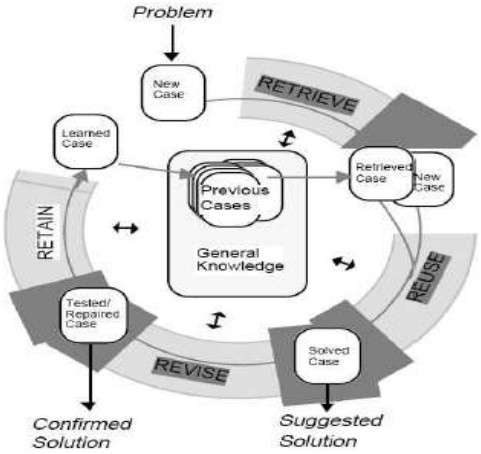
untuk penyelesaian masalah dengan memanfaatkan pengalaman sebelumnya (Main dkk, 2001). CBR merupakan sebuah paradigma utama dalam penalaran otomatis (automated reasoning) dan mesin pembelajaran (machine learning). Di dalam CBR, seseorang yang melakukan penalaran dapat menyelesaikan masalah baru dengan memperhatikan kesamaannya dengan satu atau beberapa penyelesaian dari permasalahan sebelumnya.

Tidak seperti metodologi penyelesaian masalah pada ANN, metodologi penyelesaian masalah CBR adalah berbasis memori, sehingga orang akan membayangkan permasalahan-permasalahan dan penyelesaian yang diingatnya sebagai titik awal untuk menyelesaikan permasalahan baru. Dalam sistem CBR, kasus masa lalu yang berisi deskripsi masalah, ditambah solusi dan / atau hasilnya (Marzouk & Ahmed, 2011) atau sistem prototipe ahli dibandingkan dengan data historis di tingkat item pekerjaan yang tersimpan (Chou, 2009). Menurut Ahn et al. (2014); Marzouk dan Ahmed (2011), CBR secara umum mampu memodifikasi, atau mengadaptasi, solusi yang diambil ketika diterapkan dalam konteks pemecahan masalah yang berbeda. Namun, Ahn et al. (2014) dalam Watson (1997) menyatakan kegunaan CBR lebih rumit karena data lebih simbolik terstruktur daripada data numerik murni.

Secara singkat, tahap-tahap penyelesaian masalah berbasis CBR adalah sebagai berikut: (Mantaras dkk, 2006)

- Pengambilan kembali kasus-kasus yang sesuai dari memori (hal ini membutuhkan pemberian indeks terhadap kasus-kasus dengan menyesuaikan fitur-fiturnya)
- Pemilihan sekelompok kasus-kasus yang terbaik
- Memilih atau menentukan penyelesaian
- Evaluasi terhadap penyelesaian (hal ini dimaksudkan untuk meyakinkan agar tidak mengulang penyelesaian yang salah)
- Penyimpanan penyelesaian kasus terbaru dalam penyimpan kasus/memori.

Sesuai dengan tahap-tahap tersebut, Aamodt dan Plaza (1994) menjelaskan sebuah CBR sebagai sebuah siklus yang disingkat 4 R yaitu, Retrieve, Reuse, Revise dan Retain seperti pada Gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1: Siklus CBR (Aamodt dan Plaza, 1994)

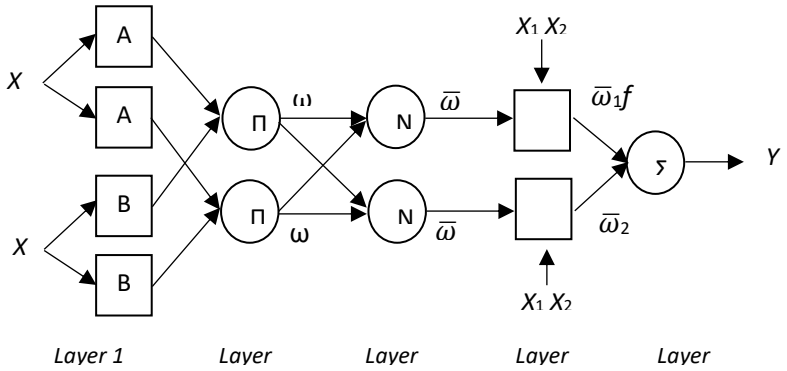
4.4.5 Multiple regression analysis (MRA) and ANFIS

Pendekatan pragmatis ini merupakan contoh gabungan antara beberapa teknik model dengan tujuan untuk meningkatkan akurasi estimasi biaya. Pada Sub Bab 4.4.4 ini, sengaja diambil satu contoh gabungan antara MRA dan ANFIS. Pada tahap pertama, MRA digunakan untuk memilih variabel signifikan dari parameter atau faktor biaya. Secara umum, MRA menghasilkan persamaan regresi, seperti yang telah dijelaskan Sub Bab 4.4.1, yaitu :

$Y= a + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_nXn$

Pada tahap kedua, integrasi MRA dan ANFIS diterapkan untuk menciptakan sistem peramalan biaya yang yang diharapka lebih akurat dari pada hanya satu model saja. Misalnya, model ini memiliki input variabel signifikan dari MRA dan satu output biaya bangunan per GFA. Konsep dasar ANFIS (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) adalah untuk membuat pasangan input-output yang ditetapkan melalui perakitan seperangkat aturan *fuzzy if-then* dengan fungsi keanggotaan yang sesuai melalui penanaman aturan inferensi fuzzy ke dalam struktur jaringan adaptif (Jang, 1993). Struktur ANFIS yang digunakan dalam sistem ini ditunjukkan pada Gambar.4.2 dihalaman berikut ini.

ANFIS mengintegrasikan *the least squares estimate* (LSE) dan metode gradient descent dengan algoritma aturan pembelajaran hybrid. Prosedur ini terdiri dari langkah maju di mana sinyal input melewati maju sampai Layer 4, di mana parameter output kemudian disesuaikan dengan menggunakan LSE dari kesalahan antara estimasi output dan output aktual. Kemudian, pada langkah mundur, tingkat kesalahan menyebar kembali melalui sistem, dan MFs di Layer 1 diperbarui oleh metode gradient descent (Jang, 1993). Proses propagasi maju dan mundur ini disebut 'epoch'. Algoritma pembelajaran hybrid melatih parameter MFs untuk meniru data sampel.



Gambar 4.2: Struktur ANFIS (Jang, 1997)

4-5 STUDI KASUS

Untuk studi kasus diambil dari hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis dan telah di publikasi pada Jurnal Internasinal berputasi di Built Environment Project and Asset Managemen (BEPAM) dengan judul Improving Accuracy of Conceptual Cost Estimation by Integrating of MRA and ANFIS pada tahun 2018.

4.5.1 Pengumpulan Data

Data diambil dari proyek sebelumnya, sebanyak 78 proyek pembangunan gedung pemerintah di Sumatera Barat, yang dibangun pada tahun 2005 hingga 2015. Sebanyak 12 variabel input awalnya telah

diidentifikasi sebagai faktor biaya sedangkan variabel output adalah biaya konstruksi sesuai kontrak per GFA seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Sebelum analisis dimulai, biaya proyek perlu disesuaikan atau dinormalisasi (Ji, Park, & Lee, 2010; Phaobunjong, 2002). Data yang relevan diekstraksi dari data biaya proyek sebelumnya ke tahun yang sama dan pada lokasi yang sama. Data yang diperlukan untuk penyesuaian adalah *cost index* biaya konstruksi untuk kuantitas variabilitas dalam biaya proyek karena inflasi (Sonmez, 2004). Karena indeks biaya konstruksi belum tersedia di Indonesia, indeks harga konsumen digunakan sebagai penganti untuk mengukur indeks biaya yang tujuannya untuk mengonversi biaya dari satu lokasi ke lokasi lain, rumus berikut digunakan:

$$C_j = C_i \frac{\text{cost index}_j}{\text{cost index}_i}$$

Dimana: C_j = cost at location j
C_i = cost at location i

Untuk mengkonversi biaya dari tahun ke tahun lain, rumus berikut digunakan:

$$C_j = C_0 + ((I_{0+1} + I_{0+1} + \ldots + I_{0+n}) \times C_0)$$

Dimana:

C_j = cost pada tahun yang diinginkan
C_0 = cost yang diketahui
I_{0+1} = Inflasi pada tahun yang diketahui + 1 tahun
I_{0+2} = Inflasi pada tahun yang diketahui + 2 tahun
I_{0+n} = inflation pada tahun yang diketahui + n tahun

Pada Tabel 4.1 dibawah ini adalah hasil cost data yang telah di normalisasikan dan disesuaikan dengan mengunakan rumus diatas, khususnya untuk data yang terdapat pada kolom range.

Tabel 4.1 Daftar Variable Cost Factor

Variables		Range
(X1)	Gross floor area (GFA)	284 - 13961 m^2
(X2)	Building height	7.10 - 24.35 m
(X3)	Number of stories	2 - 5
(X4)	Average height	3.00 - 5.53 m
(X5)	External wall area	383 - 13540 m^2
(X6)	Compactness (external wall area/ gross external floor area)	0.15 - 3.42
(X7)	Proportion of openings	0.061 – 0.494
(X8)	Type of use	1 = education; 2= office; 3 = hospital
(X9)	Type of roof	1 = ordinary; 2 = bagonjong
(X10)	Type of foundation	1 = pad foundation; 2= Cyclops; 3= continuous footing; 4 = pile foundation; 5 =KSLL
(X11)	The ratio of the typical floor area to the GFA	0.4 - 1
(X12)	Duration	3 – 12 months
(Y)	Cost per GFA	IDR 3,362,550 – 8,706,432

4.5.2 Aplikasi Model

***Multiple Regression Analysisi* (MRA)**

Semua prosedur yang ada pada MRA dicoba kemungkinannya untuk mencari yang cocok dengan semua kombinasi variable. Prosedur pemilihan variable akhirnya menggunakan Metode Enter (regresi simultan). Semua variabel pada Tabel 4.1 diatas, diamati untuk setiap dampak pada database biaya. Metode Enter (regresi simultan) membantu menentukan variabel yang tepat sebagai prediktor dan memberikan tingkat signifikan berdasarkan jumlah prediktor (Leech et al., 2011). Semua variabel dimasukkan / dipertimbangkan secara bersamaan.

Dalam mengamati dampak antar variabel cost data, diharapkan bahwa beberapa variabel akan menunjukkan korelasi kuat di antara mereka sendiri. Korelasi yang tinggi di antara variabel menunjukkan kemungkinan bahwa akan ada masalah dengan *multicollinearity*. Dengan adanya multicollinearity, koefisien regresi akan dialami dengan varians sampel yang terlalu besar yang mempengaruhi inferensi dan prediksi (Graham, 2013; Kibria, 2003). Secara umum, koefisien korelasi di bawah -0,5 atau lebih dari 0,5 menunjukkan bahwa dua prediktor memiliki korelasi yang kuat (Leech et al., 2011). Jika variabel prediktor mempunyai nilai korelasi yang tinggi dan secara konseptual terkait satu sama lain, Leech et al. (2011) menyarankan dilakukan normalisasi, yang tujuannya tidak hanya untuk mengurangi kemungkinan *multicollinearity* tetapi juga untuk mengurangi jumlah prediktor. Jika variabel prediktor berkorelasi tinggi tetapi secara konseptual berbeda nyata (sehingga agregasi tampaknya tidak sesuai), kita mungkin memutuskan untuk menghilangkan prediktor yang kurang penting sebelum menjalankan regresi. Hasil model MRA dijelaskan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

Table 4.2: Hasil *Enter Method* untuk CCE

Model	Model Function
MRA 1	MRA 1 = 1677896 + 917253 TX1 + 217348 X3
MRA 2	MRA 2 = 1100503 +1066364 TX1 + 606401 X9

MRA 3	MRA 3 = 1217601 + 1066364 TX1 + 190896 X9 + 639407 X3

TX1 = Log X1

Table 4.3: Kesimpulan MRA

Model	Independent variables	R	Variable to predicting CCE	*p* value of the coefficient
MRA 1	TX1, X3	0.765	TX1**	0.000
MRA 2	TX1, X9	0.794	TX1**, X9*	0.000
MRA 3	TX1, X9, X3	0.808	TX1*, X9*	0.000

*$p < 0.05$, ** $p < 0.01$

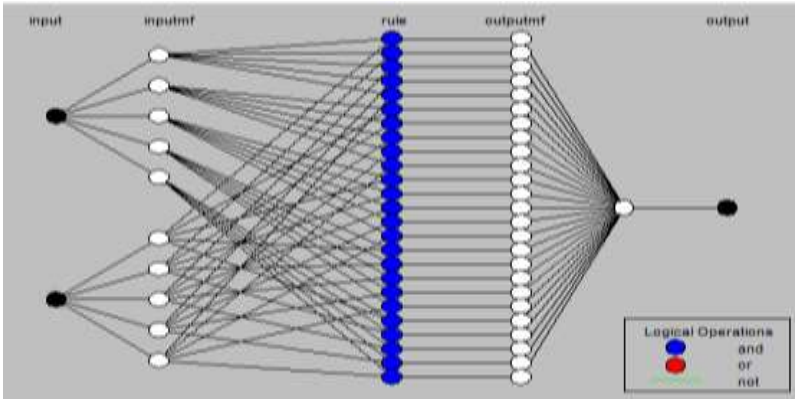
R yang tinggi menunjukkan bahwa model tersebut paling sesuai untuk data. Dari Tabel 4.2, MRA 3 memiliki R tertinggi, tetapi X3 (jumlah lantai) tidak signifikan. Atau, MRA 2 memiliki nilai R tertinggi berikutnya, sedikit kurang dari MRA 3 dengan kedua variabel signifikan. Namun, semua model signifikan untuk dengan koefisien 0,000. Oleh karena itu, semua variabel independen di setiap model dapat digunakan sebagai variabel input ke ANFIS.

MRA - ANFIS (MRANFIS) Model

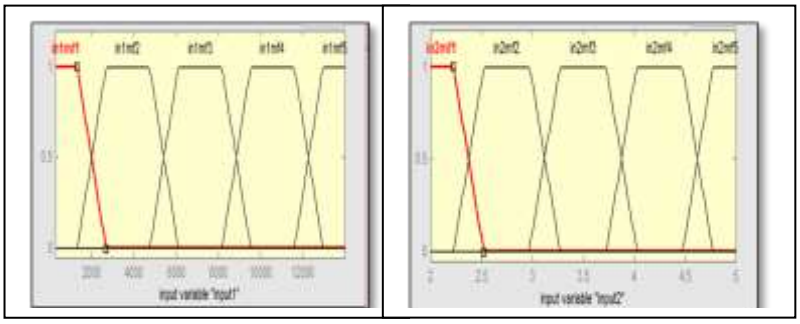
Data yang ada secara acak dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama dari 69 data digunakan untuk sistem *training* dan sisanya 19 data digunakan untuk sistem t*esting*. Mengenai pengembangan model pada ANFIS, perangkat lunak MATLAB digunakan. Ada tiga jenis model MRANFIS yang akan dikembangkan berdasarkan variabel input pada MRA1, MRA2 dan MRA3.

Sebelum memulai FIS training, struktur model FIS awal harus ditentukan dengan memilih partisi kisi yang untuk keluaran tunggal dengan menggunakan partisi kisi pada data. Dalam menghasilkan FIS untuk MRAFIS 1, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, jumlah fungsi keanggotaan (MF) dari INPUT ditetapkan untuk [5 5] yang mengindikasikan bahwa setiap input memiliki lima MF (unlikely, unlikely, even, likely, very likely), aturan (25 aturan untuk masing-masing CCE, MF untuk output (very low, low, medium, significant,

high) dan output (CCE). Jenis MF diatur pada "trapmf" yang menunjukkan MF-Bell bentuk umum, dan pada OUTPUT, "linear" dipilih sebagai jenis MF. Gambar 4.4 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk X1 dan X3 untuk MRANFIS 1.



Gambar 4.3: ANFIS structure untuk MRANFIS



Gambar 4.4: Membership functions for X1 and X3 for MRANFIS 1

Editor ANFIS menyediakan delapan jenis MF yaitu triangular (trimf), trapezium (trapmf), bentuk lonceng umum (gbellmf), kurva Gaussian (gaussmf), kombinasi Gaussian (gauss2mf), bentuk phi (pimf), perbedaan antara dua sigmoidal fungsi (dsigmf) dan produk dari dua sigmoidal (psigmf). Mengenai pemilihan fungsi keanggotaan terbaik, skenario berbeda dengan kesalahan minimum dipilih. Tabel 4.4 menunjukkan ringkasan variasi dalam pemodelan ANFIS untuk masing-masing model.

Table 4.4: Kesimpulan dari variasi ANFIS modeling

Specification	*Model*		
	MRANFIS 1	*MRANFIS 2*	*MRANFIS 3*
Input	*2*	*2*	*3*
Output neuron	*1*	*1*	*1*
Grid of partition	*5 5*	*6 6*	*4 4 4*
Rules	*25*	*25*	*64*
types of MFs	*generalized bell-shape*	*phi-shape*	*generalized bell-shape*
Output MFs	*linear*	*linear*	*linear*

4.5.3 Hasil Pengolahan Data

MRA dan MRAANFIS akhir dievaluasi dalam hal kesesuaian kedekatan dan kinerja prediksi. Ada dua jenis evaluasi pada hasil model yang didapat yaitu Mean Squared Error (MSE) and Mean Absolute Percent Error (MAPE). MSE dan MAPE dihitung sebagai berikut:

$$\mathrm{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(\mathrm{actual_i} - \mathrm{predicted_i})$$

$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|\mathrm{actual_i} - \mathrm{predicted_i}|}{\mathrm{predicted_i}} \mathrm{x}\ 100\%$$

Di mana i adalah jumlah proyek. Ukuran kedekatan model yang cocok dihitung dengan menggunakan data dari 78 proyek. Kemudian kinerja prediksi semua model dibandingkan dengan prosedur menggunakan teknik cross-validasi. Tiga data baru, bukan dari data yang ada dari 78 proyek, dipilih secara acak sebagai kinerja prediksi untuk model. Hasil untuk kedekatan kesesuaian dan kinerja prediksi semua model ditunjukkan pada Tabel 4.5 dan perbandingan akurasi estimasi ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Table 4.5: Perbandigan hasil ketepatan dan kinerja model

Model	Closeness of fit		Prediction performance	
	MSE	MAPE (%)	MSE	MAPE (%)
MRA 1	5.70 x 10^{11}	11.5	2.94 x 10^{11}	11.4
MRA 2	5.43 x 10^{11}	10.7	2.62 x 10^{11}	09.8
MRA 3	1.20 x 10^{12}	10.9	1.51 x 10^{12}	26.4
MRANFIS 1	9.61 x 10^{12}	9.01	2.33 x 10^{11}	08.5
MRANFIS 2	4.01 x 10^{11}	9.42	7.81 x 10^{11}	15.1
MRANFIS 3	3.13 x 10^{11}	7.90	2.13 x 10^{11}	06.7

Table 4.6: Hasil perbandingan akurasi model

Model	Estimate accuracy			
	< 10%	10%- 20 %	20%- 30%	30%- 40%
MRA 2	45	17	12	4
MRANFIS 3	54	16	8	0

Nilai MSE dan MAPE dari model regresi untuk MRA 2 (5,43 x 1011 dan 10.7, masing-masing) lebih kecil daripada MRA 1 dan MRA 2, menunjukkan bahwa MRA 2 memberikan ketepatan yang lebih baik dengan data untuk model regresi. Untuk kemiripan dengan ketepatan dengan data, MRA 2 juga memberikan kinerja prediksi yang baik untuk model regresi karena nilai MSE dan MAPE lebih kecil daripada MRA 1 dan MRA 2. Menggunakan pemeriksaan

data dan manipulasi untuk model regresi, hanya MRA 2 memiliki semua variabel signifikan (GFA =X1 dan jenis atap=X9) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3. Ini juga menunjukkan bahwa model MRA 2 dipilih sebagai model terbaik untuk memprediksi CCE.

Namun, bila dibandingkan dengan model yang diusulkan, MRANFIS 3 dengan tiga variabel GFA kotor (X1), jumlah lantai (X3) dan jenis atap (X9) menunjukkan ketepatan yang lebih baik dengan data yang ada dan kinerja prediksi yang lebih baik terhadap data baru. Nilai MSE dan MAPE MRANFIS 3 (masing-masing 3,13 x 1011 dan 7,90) untuk ketepatan sedikit lebih tinggi daripada nilai MSE dan MAPE (2,13 x 1011 dan 6,7) untuk kinerja prediksi. Kisaran akurasi estimasi untuk MRANFIS 3 lebih baik daripada MRA 2 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

4-6 KESIMPULAN

Bab ini menyajikan pengertian dan perkembangan cost model secara teknis yang digunakan untuk membantu evaluasi biaya dalam pengambilan keputusan sebuah proyek konstruksi. Perubahan paradigma dalam perkembangan cost model yang bersifat *intuitive dan descriptive* ke pendekatan baru yaitu bahwa pemodelan biaya memerlukan kebutuhan berkelanjutan untuk data yang diturunkan secara historis dalam eksplorasi tren dan hubungan biaya, dan pentingnya proses penggabungan aspek signifikan dari pemanfaatan sumber daya ke dalam metode estimasi.

Beberapa metoda pemodelan telah dikembangkan dengan bantuan teknologi komputer, yang membuat perhitungan rumit jauh lebih mudah daripada sebelumnya. Teknik analisa data yang dugunakan seperti pengunaan regression analysis, artificial neural networks (ANNs), simulation dan case base reasoning (CBR) ataupun gabungan dari teknik analisa diatas.

Daftar Pustaka:

Aamold, A.; Plaza, E., 1994, Case-based Reasoning foundation issues, methodological variation and Syste approach, *AI Communication*. 7(1), 39-59

Adeli, H., & Wu, M. (1998). Regularization neural network for construction cost estimation. *Journal of Construction Engineering and Management, 124*(1), 18-27.

Ahn, J., Ji, S.-H., Park, M., Lee, H.-S., Kim, S., & Suh, S.-W. (2014). The attribute impact concept: Applications in case-based reasoning and parametric cost estimation. *Automation in Construction, 43*, 195-203.

Beeston, D.T (1974). *One statistician's view of Estimating*. London: Building Cost Information Service

Bennett, J. and Omerod, R.N (1984). Simulation applied to construction projects. *Construction Management and Economic.* 2, 225-234

Braby,R.H. (1975). Cost of high-rise building. *Building Economic*. 14, 84-90

Brandon, P.S (1982). *Building cost research: need for a paradigm shift? building cost techniques*. New Direction, E & FN Spon.

Buchanan, J.S. (1972). *Cost models for estimating: outline of the development of cost model for the reinforced frame of a building*. London, RICM

Chou, J.-S. (2009). Web-based CBR system applied to early cost budgeting for pavement maintenance project. *Expert Systems with Applications, 36*(2), 2947-2960.

Creese, R. C., & Li, L. (1995). Cost estimation of timber bridge using neural networks. *Cost Engineering, 37*(5), 17-23.

Flanagan, R & Norman, G. (1978). The relationship between construction price and height. Charterer Surveyor B and QS Quarterly: 69-71

Hegazy, T., & Ayed, A. (1998). Neural network model for parametric cost estimation of highway projects. *Journal of Construction Engineering and Management, 124*(3), 210-221

Holes, C. (1987). *Language Variation and Change in a Modernising Arab*. Taylor & Francis.

Ji, S.-H., Park, M., & Lee, H.-S. (2010). Data Preprocessing–Based Parametric Cost Model for Building Projects: Case Studies of Korean Construction Projects. *Journal Construction Engineering Management, 138*(8), 844-853.

Karshenas, S. (1984). Predesign cost estimating method for multistory building. *Journal of Construction Engineering and Management, ASCE.* 110 (1), 79-86

Khosrowshahi, F. and Kaka, A.P. (1996). Estimating of project total cost and duration for housing projects in the UK. *Building and Enviroment.* 31 (4), 375-383

Kim, G.H., Yoon, J.E., An, S.H., Cho, H.H., and Kang, K.I. (2004). Neural network model incorporating a genetic algorithm in estimating construction cost. *Building and Environment.* 39 (11), 1330-1340

Kouskoulas, V. & Koehn, E. (1974). Predesign cost estimating function for building. *Journal of Construction Division, ASCE*: 589-604

BAB 5
VARIABLES YANG MEMPENGARUHI AKURASI PADA ESTIMASI PRE-TENDER

5.1 PENDAHULUAN

Keberhasilan atau kegagalan suatu proyek tergantung pada keakuratan dari estimasi yang dilakukan sepanjang jalannya proyek. Oleh karena itu, persiapan estimasi proyek adalah salah satu tugas paling sulit dalam manajemen proyek karena harus dilakukan sebelum pekerjaan selesai. Estimasi pre-tender hanyalah biaya akhir pekerjaan yang dilakukan oleh konsultan atas nama klien sebelum tender diterima. Itu berada di suatu tempat antara perencanaan biaya dan pengendalian biaya pasca-kontrak, memberikan indikasi kemungkinan biaya konstruksi sebelum pemberian kontrak dan melibatkan pengumpulan, analisis, dan rangkum semua data yang tersedia terkait dengan pembangunan. Dengan demikian, bagi seorang kontraktor estimasi biaya yang dihasilkna haruslah seakurat dan se-kompetitif mungkin.

Estimasi biaya proyek konstruksi bisa akurat, rendah atau tinggi. Estimasi yang akurat umumnya menghasilkan biaya proyek yang paling ekonomis, sedangkan estimasi yang terlalu rendah atau estimasi yang berlebihan sering kali mengarah pada pengeluaran aktual yang lebih besar. Ketidakakuratan dalam estimasi suatu proyek dapat muncul dari dua sumber: bias terkait dengan proyek itu sendiri dan bias terkait dengan teknik estimasi yang digunakan (Aibinu dan Pasco, 2008).

Estimasi biaya konstruksi yang akurat sangat tergantung pada ketersediaan data biaya historis yang berkualitas dan tingkat keahlian profesional. Informasi terbatas yang tersedia pada tahap awal proyek konstruksi dapat berarti seorang QS harus membuat asumsi tentang rincian desain proyek, yang mungkin tidak terjadi ketika desain proyek, perencanaan dan konstruksi berkembang (Liu dan Zhu, 2007).

5.2 PERKEMBANGAN COST VARIABLE

Sejak tahun 2000-an, para peneliti berusaha untuk mengklasifikasikan cost variables menjadi beberapa faktor kategori dengan atribut yang sama (Akintoye & Fitzgerald, 2000; Cheng, 2014; Elhag et al., 2005; Enshassi, Mohamed, & Madi, 2005; Liu & Zhu, 2007; Toh et al., 2012; Trost & Oberlender, 2003). Cost variables tersebut dikelompokan menjadi lima faktor kategori, yaitu:

1) Informasi konsultan
2) Karakteristik proyek
3) Karakteristik klien
4) Persyaratan kontrak dan metode pengadaan
5) Faktor eksternal dan kondisi pasar

Peneliti lain (Akinci & Finchers, 1998; Elfaki et al., 2014) juga mengkategorikan cost variables di atas menjadi dua kelompok yang berbeda, yaitu:

1) Faktor QS/ estimator
2) Faktor desain dan spesifik proyek.

Tabel 5.1 dibawah ini berisikan daftar semua cost variables dari semua literatur.

Tabel 5.1: Faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi estimasi pre-tender

No	Faktor	Keterangan
	Factors related to clients' characteristics	
1	Type of client	
2	Client experience level	
3	Client's financial situation and budget	
4	Client's financial situation/ ability/payment record Project finance method/ appropriate funding in place on time	Client's method of payment

	Partnering arrangements Priority on construction time/ deadline requirements	
5	Experience of procuring construction	
6	Client requirements on quality Previous relationship and communication level with the partners	
7	Client's evaluation and awarding policy	
Factors related to consultants, design parameters and design information		
1	Expertise of the consultant	
2	Project team's experience in the construction type	
3	Designer's experience level	
4	Number of estimating team members	
5	Availability of all fields of specialisation in a project team	
6	Project team's capability to control the project	
7	Impact of team integration and alignment	
8	Level of involvement of the project manger	
9	Quality of information and information flow requirements	
10	Database of bids on similar projects (Historical cost data)	

11	Completeness of cost information
12	Accuracy and reliability of cost information
13	Applicability of cost information
14	Procedure for updating cost information
15	Utilisation of checklists to ensure completeness and technical basis
16	Quality of the assumptions used in preparing the estimate
17	Estimating method used
18	Volume of consultant's workload during estimation

Factor related to consultants, design parameters and design information

1	Time allowed for preparing the cost estimate
2	Completeness and timeliness of project information (design, drawings, specifications)
3	Quality of design and specifications
4	Buildability of design
5	Inspection, testing and approval of completed works (Type and number)
6	Frequency of construction variations

7	Frequency of construction variations	
8	Variation orders and additional works	Level of communication with client and other design team consultants
9	Working relationships with client/contractors/other design team consultants (previous/present)	
10	Submission of early proposals for costing/cost planning	
11	Absence of alterations and late changes to design	
	Factor related to project characteristics	
1	Type of project (residential, commercial, industrial, etc.)	
2	Type of structure (concrete, steel, masonry, etc.)	
3	Scale and scope of construction	
4	Expected project organisation	
5	Project size	
6	Project duration	
7	Location of project	
8	Site conditions/site topography	
9	Site constraints (access, storage, electricity, etc.)	
	Factor related to project characteristics	
10	Site requirements	
11	Project complexity	
12	Construction method/technology/ construction techniques	Method of construction /construction
13	Technology required	

14	Phasing requirements (areas to be handed over first or initial non-availability)	technique requirements
15	Impact of project schedule	
	Factors related to contract requirements and procurement menthods	
1	Type of contract	
2	Tender selection method (open, selected, negotiation, etc.)	
3	Method of procurement (traditional, design and build, etc.)	Method of procurement (traditional, design and build, etc.)
4	Form of procurement	
6	Spread of risk between construction parties (client/consultant/ contractors)	Risk sharing between construction parties
7	Claims and disputes resolution methods (litigation/arbitration/others)	
8	Amount of specialist work	
9	Advanced payment	
10	Tax and insurance	
11	Clear contract conditions	Clear contract conditions
12	Type and value of insurance	
13	Bid bonds amount and maintenance period	
	Factors related to contract requirements and procurement menthods	

14	Project including VAT or excluding VAT	Clear contract conditions
15	Retention ratios of the value of contractor payments	
16	Liquidated damages amount	
	External factors and market conditions	
1	Material (prices/availability/supply/ quality/imports)	
2	Labour (costs/availability / performance/productivity)	
3	Equipment (costs/availability/supply/ condition/performance)	Equipment (cost/availability /supply/condition /performance
4	Availability and supplies of labour and materials	
5	Weather conditions	
6	Impact of government regulations requirement	
7	Number of competitors in the market	
8	Classification and level of competitors in the tendering	
9	Economic situation	
10	Stability of market conditions	
11	Competitiveness of bidding	Prevailing economic climate
12	Inflation rate	
13	Closure and blockade	Competitiveness of bidding climate
14	Political situation	
15	Multiple projects being advertised at the same time	

5.3 *REVIEWS ON COST VARIABLE*

Faktor biaya di atas yang terdiri dari lima kategori oleh Jumas (2018) digabungkan menjadi empat kategori seperti yang disajikan pada Gambar 5.1. Data penelitian yang diambil adalah dari tahun 1996 sampai tahun 2014 yang dikelompokan menjadi 4 rentang dengan ditemukan sebanyak 41 artikel yang membahas tentang faktor-faktor yang mempengaruhi estimasi pre-tender.

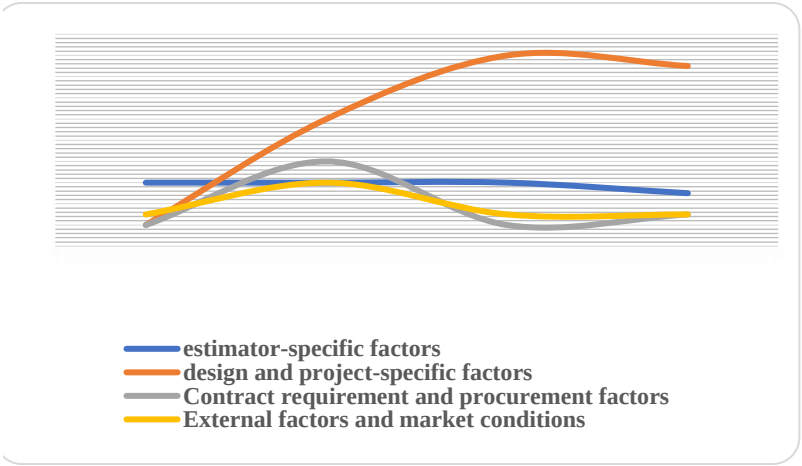


Figure 5.1: The development of cost factors

Gambar 5.1 diatas menggambarkan bagaimana topik penelitian pada faktor-faktor yang mempengaruhi estimasi pre-tender berubah selama periode 1994-2014. Poin pertama yang perlu diperhatikan adalah bahwa ada satu topik yang menarik minat peneliti secara khusus yaitu *design and project-spesific factors* (tipe dari proyek, struktur, luas lantai kotor, jumlah lantai, unit total, penggunaan ruang bawah tanah, durasi, dll) menggelitik minat peneliti. Ada tren pertumbuhan desain dan faktor spesifik proyek yang diterapkan untuk penelitian tersebut dengan total 41 artikel di semua periode. Sebaliknya, tren berubah menjadi *estimator-specific factors*. Pada pengelompokan dua tahun awal (1996-2000; 2001-2005), estimator-spesific factor masih tetap stabil dan menurun pada tahun berikut.

Menariknya, persyaratan kontrak dan faktor pengadaan serta faktor eksternal dan kondisi pasar memiliki jumlah makalah yang sama selama semua periode (1996-2014) dengan 7 articless. Dibandingkan dengan dua topik yang disebutkan, persyaratan kontrak dan faktor pengadaan untuk faktor eksternal dan kondisi pasar (misalnya permintaan konstruksi, peminjaman ke bank, sosial ekonomi, dll) cenderung diabaikan dalam semua hal. Tidak banyak peneliti yang memasukkan faktor-faktor ini sebagai faktor biaya yang signifikan dalam estimasi pre-tender.

Lebih lanjut Tabel 5.2 dibawah ini menjelaskan aplikasi model yang digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi biaya (seperti yang telah dijelaskan pada bab sub bab 4.4). Faktor desain dan spesifik proyek adalah bagian yang paling banyak diteliti. Bagian ini juga memiliki jumlah peneliti tertinggi yang menerapkan Neural Network dan CBR. Kemudian, ada regresi dan simulasi dengan masing-masing 6 dan 5 peneliti.

Lebih lanjut, Tabel 5.3 berisikan ringkasan dari semua studi terkait berdasarkan lima poin: 1) apa jenis bangunan atau data yang dikumpulkan, 2) teknik model yang digunakan, 3) cakupan faktor biaya, 4) menemukan pengaruh pada akurasi estimasi biaya dan 5) jenis validasi. Sangat jelas bahwa setiap jenis bangunan memiliki faktor biaya yang berbeda untuk dipertimbangkan. Namun, faktor biaya yang paling umum digunakan dalam jenis bangunan adalah luas lantai total (GFA) atau luas bangunan.

Tabel 5.2: Aplikasi model yang diterapkan untuk menentukan *cost factors*

Area of cost factors in CCE	Estimator-specific factors	Design and project-specific factors	Contract requirement and procurement factors	External factors and market conditions
Regression (RR)		Li, Heng and Shen (2005) Cheung (2005) Lowe et al (2006) Sonmez, Rifat (2008) Stoy et al. (2008) Ji, Sae-Hyun et al (2010)		Hua, Goh (1999)
Neural Network	Chua, D.K.H et al (1997) Cheng, MY et al (2009)	Gunaydin and Dogan (2004) Kim, G.H. et al (2005) Cheng, MY et al (2009) Cheng, MY. et al (2010)		

Area of cost factors in CCE	Estimator-specific factors	Design and project-specific factors	Contract requirement and procurement factors	External factors and market conditions
Neural Network		Sonmez, Rifat (2011) Bala, Kabir et al (2014)		
CBR	Lai, Yu-Ting (2008) Rush and Roy (2001)	Kim, G.H. et al (2004) An, S. H et al (2007) Doğan, S. Z et al (2008) Lai, Yu-Ting (2008) Koo, C.W. et al (2010) Ji, Sae-Hyun et al (2011) Koo, C.W. et al (2011)		Lai, Yu-Ting (2008)

Area of cost factors in CCE	Estimator-specific factors	Design and project-specific factors	Contract requirement and procurement factors	External factors and market conditions
Simulation	Khodakarami et al (2014)	Yang, I-T (2005) Kim, H.J. et al (2012) Wang, W.C. et al (2012) Khodakarami et al (2014)		
Factor analysis & RR	Trost and Oberlender (2003)	Trost and Oberlender (2003)	Trost and Oberlender (2003)	
Regression &NN Regression &CBR		Sonmez, Rifat (2004) Jin, RunZhi et al (2012) Jin, R.Z et al (2014) Ahn, Joseph et al (2014)		

Table 5.3: Perbandingan studi terkait berdasarkan teknik model yang digunakan

Authors	Type of building or data	Techniqus of the model	Cost Factors	Finding	Validation
Gunaydin and Dogan (2004)	Thirty projects of residential building	Neural Network	Total floor area The ratio offloor area to the total area The ratio of ground floor area to the total area Number of floor Consoledirection Foundation system	93% average accu racy and a mean square error of MSE = 0.038	Six projects were used from thirty projects
Lowe et al (2006)	286 sets of data collected in the United Kingdom.	Regression	i) GIFA (gross internal floor area) ii) duration iii) mechanical installations iv) piling	The accuracy or % error has not been mentioned	Comparison with NN
Stoy et al. (2008)	70 Residential buildings	Regression	i) Compactness of the building ii) Number of elevator	The percentage error ranges between 12 %	Applied to predict the cost of new properties

Authors	Type of building or data	Techniqus of the model	Cost Factors	Finding	Validation
			iii) Size of the project iv) Proportion of openings in external walls Region		properties
Cheng, et al (2009)	Data management and Engineering work	Neural Network	i) Site area ii) Floors underground iii) Floors aboveground iv) Total floor area v) Soil condition vi) Area of exterior wal	% error of overall estimates and total category estimates are 16% and 6.7%	Using 23 training cases and 5 testing cases.
Ji et al. (2010)	102 apartment projects	Regression	i) Gross floor area ii) Number of unit floor household iii) Number of floor	The accuracy improved by 2.84% from cost/GFA	Applied to 22 cases
Jin et al. (2012)	99 multi-family housings	MRA based revised CBR	i) Site area ii) Ground area iii) Building Area iv) Numbers of floor	The accuracy improved by 4.39%	Comparison with CBR method

5.4 KESIMPULAN

Kebutuhan untuk mendefinisikan lebih banyak tujuan dan kriteria yang konsisten untuk cost variables dalam pemilihan data konstruksi historis yang akan digunakan untuk menentukan biaya pre-tender sangat diperlukan. Para peneliti berusaha untuk mengklasifikasikan cost variables tersebut menjadi beberapa faktor kategori dengan atribut yang sama.

Penelitian oleh Akintoye & Fitzgerald, 2000; Cheng, 2014; Elhag et al., 2005; Enshassi, Mohamed, & Madi, 2005; Liu & Zhu, 2007; Toh et al., 2012; Trost & Oberlender, 2003) mengelompokan cost variables tersebut lima faktor kategori, yaitu; informasi konsultan, karakteristik proyek, karakteristik klien, persyaratan kontrak dan metode pengadaan dan faktor eksternal dan kondisi pasar. Sedangkan peneliti lain, Akinci & Finchers, 1998 dan Elfaki et al., 2014 juga mengelompokan cost variables di atas menjadi dua kelompok yang berbeda, yaitu; faktor QS/ estimator dan faktor desain dan spesifik proyek.

Selanjutnya dari beberapa faktor dalam cost variable tesebut, Jumas (2018) dalam penelitiannya mengatakan bahwa area faktor biaya yang mempengaruhi estimasi pre-tender adalah faktor desain dan spesifik proyek, misalnya luas lantai kotor, jumlah lantai, unit total, lokasi, jenis atap, jenis pondasi, penggunaan ruang bawah tanah, nilai finishing, dll. Penelitian tersebut telah menunjukkan bahwa paradigma di bidang faktor biaya yang signifikan telah berubah dalam praktiknya menuju penerapan lebih banyak tentang desain dan faktor spesifik proyek. Penelitian ini juga memverifikasi tidak ada korelasi antara faktor biaya dengan metodologi penelitian yang digunakan pada estimasi pre-tender tersebut.. Ini dapat diterapkan pada semua model teknik dalam melakukan analisis data seperti neural network, regression, MRA, CBR, simulation ataupun gabungan dari beberapa model tersebut.

Daftar Pustaka:

Aibinu, A. A., & Pasco, T. (2008). The accuracy of pre-tender building cost estimates in Australia. *Construction Management and Economics, 26*, 1257-1269.

Liu, L., & Zhu, K. (2007). Improving cost estimates of construction projects using phased cost factors. *Journal of Construction Engineering and Management*.

Akintoye, A., & Fitzgerald, E. (2000). A survey of current cost estimating practices in the UK. *Construction Management and Economics, 18*(161-172).

Cheng, Y.-M. (2014). An Exploration into cost-influencing factors on construction projects. *International Journal of Project Management, 32*, 850-860

Elfaki, A. O., Alatawi, S., & Abushandi, E. (2014). Using intelligents techniques in construction project cost estimation: 10-years survey. *Advances in Civil Engineering, 2014*, 11 pages.

Elhag, T. M. S., Boussabaine, A. H., & Ballal, T. M. A. (2005). Critical determinant of construction tendering cost: Quantity surveyors standpoint. *International Journal of Project Management, 23*, 538-545.

Enshassi, A., Mohamed, S., & Madi, I. (2005). Factors affecting accuracy of cost estimation of building contracts in the Gaza Strip. *Journal of Financial Management of Property and Construction, 10*(2), 115-125

Jumas, Dwifitra., Mohd-Rahim, F.A and Zainon, Nurshuhada (2018). Review of the technique application in conceptual cost Estimation for building Projects: a bibliometric analysis. *Malaysian Construction Research Journal*

Liu, L., & Zhu, K. (2007). Improving cost estimates of construction projects using phased cost factors. *Journal of Construction Engineering and Management*.

Toh, T. C., Ting, C., Ali, K.-N., & Aliagha, G.-U. (2012). Critical cost factor of building construction projects in Malaysia. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 57*, 360-367.

Trost, S. M., & Oberlender, G. D. (2003). Predicting Accuracy of Early Cost Estimates Using Factor Analysis and Multivariate Regression. *Journal Construction Engineering Management, 129*, 198-204.

GLOSARIUM

Akurasi menyiratkan kedekatan dengan nilai actual, tidak adanya kesalahan dalam perhitungan nilai atau pernyataan bahwa semakin kecil kesalahan dalam perhitungan estimasi, semakin tinggi akurasi atau sebaliknya

Bias perbedaan rata-rata antara nilai actual dengan nilai perkiraan dan bias dapat diukur dengan mean aritmatika, median, Pearson r, Spearman's rho dan koefisien regresi kesalahan, persentase kesalahan atau rasio.

Bangunan Sederhana bangunan negara dengan karakter sederhana baik kompleksitas dan teknologi yang mempunyai ciri seperti; jumlah lantai sampai dengan 2 (dua) lantai, luas sampai dengan 500 m2 dan untuk rumah negara tipe C, D dan E.

Bangunan Tidak Sederhana bangunan negara yang tidak memiliki karakter sederhana, dengan kata lain, bangunan itu kompleks dan teknologinya tidak sederhana yang mempunyai ciri seperti; jumlah lantai lebih dari 2 (dua) lantai, luas lebih dari 500 m2 dan untuk rumah negara tipe A dan B.

Biaya Standar Biaya yang dihitung dari hasil perkalian antara total luas bangunan dikalikan dengan faktor pengali jumlah lantai dan standar harga satuan tertinggi (HST) per m^2

Biaya Nonstandar Biaya yang digunakan untuk pelaksanaan konstruksi fisik nonstandar, perizinan selain Izin Mendirikan Bangunan (IMB), dan penyambungan utilitas

Conceptual Cost Estimation proses estimasi biaya awal dalam setiap proyek konstruksi dengan informasi tentang proyek terbatas.

Cost Estimation Model proses asumsi untuk menciptakan biaya atau keluaran pekerjaan dengan menganalisis data atau pengetahuan

Contigency keadaan ketidakpastian dan di luar jangkauan atau kejadian yang tidak terduga. Ketidakpastian adalah fitur yang melekat dari proyel konstruksi dan satu-satunya cara yang dapat diakomodasi pada awal proyek adalah melalui alokasi biaya tak terduga

Direct Cost biaya langsung dari suatu kegiatan fisik dan dapat di lacak ke aktivitas tersebut secara ekonomi

Estimasi proses teknis atau fungsi yang dilakukan untuk menilai dan memprediksi total biaya item pelaksanaan pkerjaan dalam waktu tertentu, mengunakan semua informasi dan sumber daya proyek yang tersedia

Groos Floor Area luas lantai kotor

Harga Satuan Teringgi (HST) per m² nilai bangunan pemerintah per m^2 yang berbeda untuk setiap klasifikasi bangunan. HST sangat penting dan menjadi referensi bagi praktisi konstruksi, terutama untuk proyek-proyek pemerintah. Standar HST ditetapkan secara teratur oleh masing-masing daerah.

Indirect Cost biaya bisnis selain selain biaya langsung dari kegiatan konstuksi; mereka tidak dapat dilacak secara fisik misalnya overhead dan biaya lain untuk menjalankan bisnis konstruksi

Konsistensi tingkat variasi disekitar rata-rata. Konsistensi dapat diukur dengan standar deviasi dan koefisien variasi kesalahan, persentase kesalahan atau rasio seperti pada bias.

Mean Squared Error (MSE) metode lain untuk mengevaluasi metode peramalan atau rata-rata dari kesalahan forecast dikuadratkan

Mean Absolute Percent Error (MAPE) ukuran akurasi prediksi metode peramalan dalam statistik,

Overhead Cost semua biaya yang dapat di lacak secara ekonomis untuk sebua proyek, tetapi tidak akan terjadi seandainya proyek tersebut dilakukan

Quantity Surveying (QS) orang yang bertangung jawab terhadap hasil estimasi yang dihitung

Spesifikasi Teknis suatu uraian atau ketentuan-ketentuan yang disusun secara lengkap dan jelas mengenai suatu barang, metode atau hasil akhir pekerjaan yang dapat dibeli, dibangun atau dikembangkan oleh pihak lain sedemikian sehingga dapat memenuhi keinginan semua pihak yang terkait

INDEKS

A
Akurasi
6,14,16,23,26,29,38,49,50,51,64,71,72,73,77,78,85,95,96

B
Bias 25,26,47,50,51,61,77,95,96

C
CCE
15-17,29,35,36-38,40-41,47-49,51,54,68-70,73
CEM
17,47-48,51

E
Cashflow
1 58
Estimator
2-4,7,9,18,22-23,36-37,59,78,84,91

D
Direct Cost 5,96

H
HST
38,40-43,47-48,95-96

I
Indirect
Cost 5,22,96

O
Overhead cost
96

Q
Quantity Surveying (QS) 1,96

S
Spesifikasi Teknis
4,24,97