

IDENTIFIKASI PARAMETER INPUT ESTIMASI BIAYA PADA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

(Identify Cost Estimation Input Parameters On BIM (Building Information Modeling))

Adam Malik Alam Putra¹, Ayu Herzanita¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

E-mail: adammalik1963@gmail.com

Diterima 27 April 2022, Disetujui 26 Mei 2022

ABSTRAK

BIM merupakan salah satu teknologi di bidang AEC (Architecture, Engineering and Construction) yang mampu mensimulasikan informasi berupa representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional dari suatu bangunan yang di dalamnya terkandung semua Informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur mulai dari konsep hingga demolisi. Salah satu kegunaan BIM adalah untuk memudahkan dalam perhitungan estimasi biaya. Sehingga pada penelitian ini akan mengidentifikasi parameter yang akan digunakan sebagai input pada BIM untuk menghitung estimasi biaya, dengan studi kasus pada pekerjaan struktur dan arsitektur Proyek Urban *Home Residential Tower B*. Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur, mengidentifikasi parameter estimasi biaya pada BIM (Building Information Modelling). Berdasarkan hasil kajian literatur, pada pekerjaan arsitektur input parameter yang dibutuhkan adalah Analisa Harga Satuan (AHS), sedangkan pada pekerjaan struktur input parameter yang dibutuhkan adalah Analisa Harga Satuan (AHS), Massa jenis (untuk menghitung berat tulangan), Luas area bekisting (untuk pekerjaan pemasangan bekisting).

Kata kunci: *Building Information Modelling (BIM), Parameter, Estimasi Biaya*

ABSTRACT

BIM is one of the technologies in the field of AEC (Architecture, Engineering and Construction) that is able to simulate information in the form of a digital representation of the physical and functional characteristics of a building which contains all information about the elements of the building that are used as a basis for decision making in the future. life cycle time from concept to demolition. One of the uses of BIM is to facilitate the calculation of cost estimates. So that in this study, we will identify the parameters that will be used as input to the BIM to calculate cost estimates, with a case study on structural and architectural work for the Urban Home Residential Tower B Project. The research method used is a literature study, identifying cost estimation parameters in BIM (Building). Information Modeling). Based on the results of the literature review, the required parameter input architecture work is Unit Price Analysis (AHS), while in the structural input work the required parameters are Unit Price Analysis (AHS), Density (to calculate reinforcement weight), Formwork area area (for formwork installation work).

Keywords: *Building Information Modelling (BIM), Parameter, Cost Estimation*

PENDAHULUAN

Salah satu tantangan terbesar sektor konstruksi dalam memasuki Era Revolusi 4.0 adalah kebutuhan pengembangan teknologi pada industri konstruksi secara terus menerus. Kebutuhan teknologi pada industri konstruksi khususnya pada proyek infrastruktur menjadi hal yang tidak dapat dihindarkan mengingat koordinasi antar pihak yang terlibat menjadi suatu keharusan dan saat ini hampir seluruh bidang pekerjaan sudah melakukan otomatisasi dengan penggunaan software termasuk AEC (Architecture, Engineering and Construction) [1].

BIM merupakan salah satu teknologi di bidang AEC (Architecture, Engineering and Construction) yang mampu mensimulasikan informasi berupa representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional dari suatu bangunan yang di dalamnya terkandung semua Informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur mulai dari konsep hingga demolisi [1].

Menurut Eastman et al (2008), BIM merupakan perubahan paradigma yang memiliki banyak manfaat, tidak hanya untuk mereka yang bergerak dalam bidang industri konstruksi bangunan tetapi juga untuk masyarakat yang lebih luas lagi, bangunan yang lebih baik adalah bangunan yang dalam tahap pembangunannya menggunakan energi, tenaga kerja dan modal yang lebih sedikit. BIM pada dasarnya adalah digital platform untuk pembuatan bangunan virtual. Jika BIM diterapkan, modelnya harus dapat berisi semua informasi bangunan tersebut, informasi tersebut digunakan untuk bekerjasama, memprediksi, dan membuat keputusan tentang desain, konstruksi, biaya, dan tahap pemeliharaan bangunan [1].

Penggunaan teknologi komputasi oleh perancang dan praktisi konstruksi sudah umum digunakan di Indonesia, dimana perkembangan teknologi pada konstruksi tumbuh dari bentuk dokumen menjadi visualisasi tiga dimensi, kemudian berkembang dimensi lainnya terhadap biaya, waktu, jadwal, hingga dimensi seterusnya hingga dimensi ke-n (n-D) dan perkembangan inilah menjadi evolusi informasi teknologi yang kemudian disebut *Building Information Modelling* (BIM) [1].

Sebelum menggunakan BIM, perkiraan biaya diitung oleh estimator berdasarkan gambar 2D desainer. Menurut Hannon dalam Thurairajah & Goucher, terdapat banyak kelemahan dalam menghitung biaya dengan menggunakan metode ini, antara lain kesalahan estimasi biaya karena kesalahpahaman gambar, rawan human error, dan waktu perhitungan yang lebih lama, penggunaan BIM membuat waktu yang dibutuhkan untuk memperkirakan biaya proyek menjadi lebih efisien. Selain itu, pemodelan BIM mencakup informasi rinci tentang elemen bangunan, termasuk informasi tentang spesifikasi dan volume bangunan, untuk perhitungan biaya yang lebih akurat. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi parameter – parameter yang akan digunakan sebagai input pada BIM untuk menghitung estimasi biaya [1].

Building Information Modelling (BIM) adalah proses

untuk menghasilkan dan mengelola data di gedung selama siklus hidupnya. BIM menggunakan perangkat lunak pemodelan bangunan dinamis, waktu nyata, dan 3D untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan. Proses produksi BIM meliputi geometri bangunan, hubungan spasial, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen [2].

BIM dapat digunakan untuk mewakili siklus hidup setiap bangunan, termasuk proses konstruksi dan operasi pabrik. Kuantitas dan kualitas suatu bahan dapat dengan mudah diekstraksi. Lingkup pekerjaan dapat dibagi, dipisahkan, dan ditentukan. Sistem, fasilitas, dan rangkaian rangkaian dapat ditampilkan ke skala untuk setiap fasilitas atau kelompok fasilitas. BIM membutuhkan perubahan dalam fase arsitektur tradisional dan berbagi lebih banyak data daripada rata-rata arsitek dan insinyur. BIM dapat digunakan untuk memajukan gambar model dari bagian-bagian aktual yang akan digunakan untuk membangun sebuah bangunan [2].

Estimasi secara umum adalah upaya untuk mengevaluasi atau memperkirakan suatu nilai melalui komputasi dan analisis berbasis pengalaman. Demikian pula, memperkirakan biaya internal pada proyek konstruksi harus, tentu saja, memperkirakan nilai pembiayaan suatu proyek [3].

Estimasi biaya proyek merupakan nilai prediksi berdasarkan faktor-faktor terpenting, yaitu status proyek, rencana kontrak, jadwal konstruksi, teknologi yang digunakan, dasar produktivitas tenaga kerja, dan metode estimasi biaya. Dalam industri konstruksi misalnya, estimasi biaya memiliki beberapa fungsi, antara lain untuk melihat apakah biaya yang ada dapat memenuhi perkiraan biaya konstruksi, untuk mengatur aliran dana saat tahap pelaksanaan konstruksi berlangsung, serta untuk bersaing pada saat proses penawaran berlangsung. Estimasi biaya berdasarkan spesifikasi dan gambar kerja yang disiapkan harus menjamin bahwa pekerjaan akan terlaksana dengan tepat dan kontraktor mendapatkan keuntungan yang layak dari apa yang akan dikerjakan [3].

Secara turun-temurun, proses estimasi biaya dilakukan secara manual, memakan waktu dan rawan kesalahan. *Emerging Building Information Modelling* (BIM) dapat memanfaatkan metode pengukuran standar untuk mengotomatisasi proses estimasi biaya dan memperbaiki ketidakakuratan. Penataan metode pengukuran standar dalam format yang dapat dibaca secara ontologis dan mesin untuk perangkat lunak BIM dapat sangat memudahkan proses memperbaiki ketidakakuratan dalam estimasi biaya. Studi ini mengeksplorasi pengembangan berbasis ontologi pada *New Rules of Measurement* (NRM) untuk estimasi biaya selama tahap tender. Metodologi diadopsi adalah metontologi, salah satu metodologi rekayasa ontologi yang paling banyak digunakan. Untuk memastikan ontologi sesuai dengan tujuan, ahli estimasi biaya dipekerjakan untuk memeriksa semantik, deskriptif penalaran berbasis logika digunakan untuk memeriksa ontologi secara sintaksis dan perangkat lunak pemodelan 4D BIM terkemuka digunakan pada bangunan studi kasus untuk menguji/memvalidasi ontologi yang diusulkan [4].

METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah studi literatur, mengidentifikasi parameter estimasi biaya pada BIM (Building Information Modelling), dengan studi kasus pada pekerjaan struktur dan arsitektur Proyek Urban Home Residential Tower B. Software BIM yang digunakan adalah software Revit versi 2022 dari Autodesk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

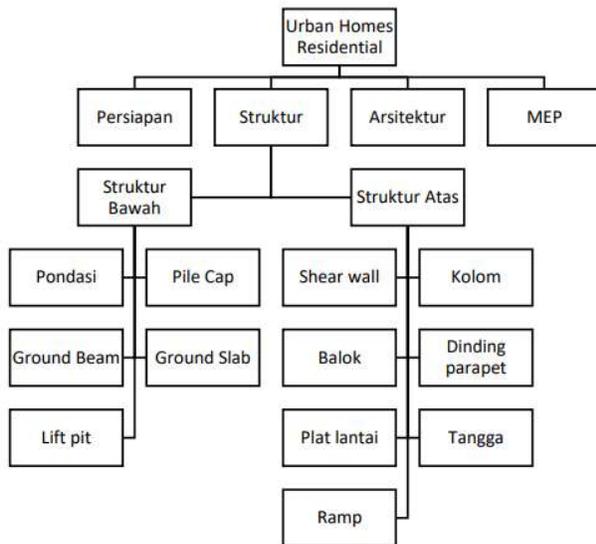
Studi kasus yang ditinjau pada penelitian ini adalah proyek pembangunan Apartemen Urban Homes Residential Tower B. Fokus utama dalam penelitian ini adalah perhitungan estimasi biaya pada pekerjaan struktur dan arsitektur pada lantai tipikal. Berikut adalah WBS pekerjaan struktur pada Proyek Urban Home Residential Tower B.

Untuk pekerjaan arsitektur pada proyek ini difokuskan pada pekerjaan dinding, lantai, plafon dan

pintu.

Pada dasarnya perhitungan estimasi biaya proyek konstruksi merupakan perkalian antara volume dan luas pekerjaan dengan harga satuan [4]. Oleh karena itu, untuk memudahkan perhitungan estimasi biaya, pada pemodelan BIM perlu dilengkapi dengan parameter – parameter yang dibutuhkan. Semakin lengkap informasi data yang diinput ke dalam pemodelan, semakin detil pula hasil estimasi biaya.

Komponen utama penyusunan estimasi biaya adalah material, upah dan alat. Pada pemodelan BIM, komponen material adalah komponen yang informasinya dapat diinput secara detil. Informasi komponen material dapat berupa jenis material, spesifikasi, dan dimensi. Informasi ini merupakan informasi standar pengukuran (Standard Measurement Method) [4]. Pada Tabel 1 menjelaskan SMM untuk pekerjaan struktur pada Proyek Urban Homes Residential.



Gambar 1. WBS Pekerjaan Arsitektur Urban Homes Residential Tower B

Tabel 1. Standar Menghitung Pengukuran kuantitatif

| No. | Variabel Penelitian | Satuan Pengukuran Volume | Material Yang Digunakan | Keterangan | Referensi |
|-----|---------------------|-----------------------------------|---|--|-----------|
| 1 | Shear Wall | m ³ | Beton Bertulang | Shear wall (dinding geser) merupakan bagian dari suatu sistem struktur yang memiliki beban-beban gravitasi maupun beban lateral yang bekerja pada struktur. Sebuah dinding struktural memiliki kekuatan yang lebih baik dibandingkan dengan struktur rangka pemikul momen terbuka (open frame), sehingga pada saat memikul beban gempa, dinding struktural akan menunjukkan kinerja yang baik. | |
| 2 | Ream | m ³ cm ³ | Besi baja, kawat bendrat, serta adukan beton (campuran air, semen, dan agregat-pasir, kerikil, batu pecah) dengan konsistensi | Balok adalah bagian dari struktural sebuah bangunan yang sebagai dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara | |

| No. | Variabel Penelitian | Satuan Pengukuran Volume | Material Yang Digunakan | Keterangan | Referensi |
|-----|---------------------|--------------------------|---|--|-----------|
| | | | tertentu | teoritis balok tersebut disebut sebagai bertulang baja tarik saja kaku dan dirancang untuk menanggung dan mentranfer beban menuju elemen-elemen kolom penopang. Apabila suatu gelagar balok bentangan sederhana menahan beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Regangan-regangan balok tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik dibagian bawah. Agar stabilitas terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut karena tegangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulang baja tarik saja. | |
| 3 | Kolom | m ³ | Besi material yang tahan tarikan dan beton material yang tahan tekanan | Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur. | |
| 4 | Plat Lantai | m ² | Papan kayu umumnya berukuran lebar 20-30 cm, tebal 2-3 cm, dan panjang menyesuaikan | Plat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, jadi merupakan lantai tingkat. Plat lantai ini didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. | |
| 5 | Tangga | cm | Beberapa jenis material: kayu, baja, beton dan batu | Tangga merupakan salah satu bagian dari bangunan yang berfungsi sebagai penghubung antara lantai pada bangunan bertingkat. Konstruksi tangga pada perencanaan bangunan bertingkat seperti pada rumah atau bangunan-bangunan publik perlu dirancang sebagus dan senyaman mungkin. Fungsi dari tangga sebagai penghubung antara lantai tingkat satu dengan tingkat lainnya pada suatu bangunan. Dalam perencanaan tangga perlu kita perhatikan sudut tangga supaya nyaman, efisien dan mudah dijalani, termasuk dari kemiringan tangganya itu sendiri. Kemiringan tangga yang ideal ±40 derajat, karena pada waktu menjalaninya tidak terasa lelah pada waktu arah naik, serta tidak berbahaya pada waktu arah turun dari tangga. | |
| 6 | Ramp | Derajat° | Beberapa jenis bahan: Aluminium, besi, kayu, beton, PVI, Mutifold | Ramp adalah bidang miring, yang pada dasarnya ramp digunakan untuk menggantikan untuk menggantikan fungsi tangga, yang digunakan sebagai jalan parkir dari lantai 1 ke lantai berikutnya. Metode pengambilan panjang ramp adalah sisi miring dari ramp. Lebar ramp dan tinggi ramp (tebal ramp) sesuai dengan gambar detail ramp. | |
| 7 | Dinding Parapet | mm | Beton Bertulang | Dinding parapet adalah dinding pelindung. Dinding parapet ini pada proyek Urban Homes Residential berada pada lantai atap | |

Dari beberapa kajian literatur yang dilakukan ada 2 pekerjaan yaitu Struktur dan Arsitektur untuk mengetahui parameter nya.

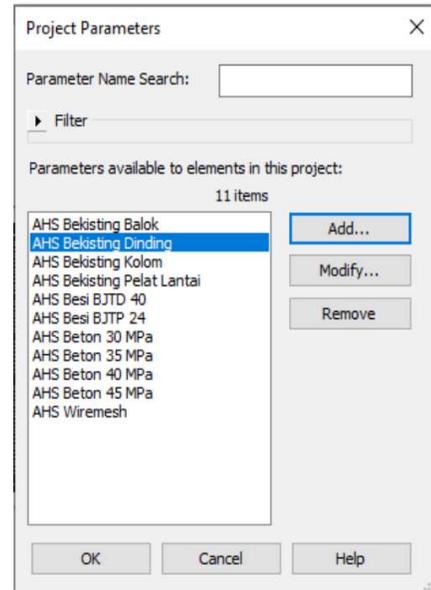
1. Pekerjaan Struktur

Hitung perkiraan biaya pekerjaan struktur. Parameter yang ditambahkan ke pekerjaan struktur adalah parameter analisis harga satuan. Struktur pekerjaan AHS dihitung di Excel. Berikut adalah contoh AHS untuk pekerjaan beton dengan Fc' 30 MPa.

Tabel 2. AHS Pekerjaan Beton Fc'30 MPa

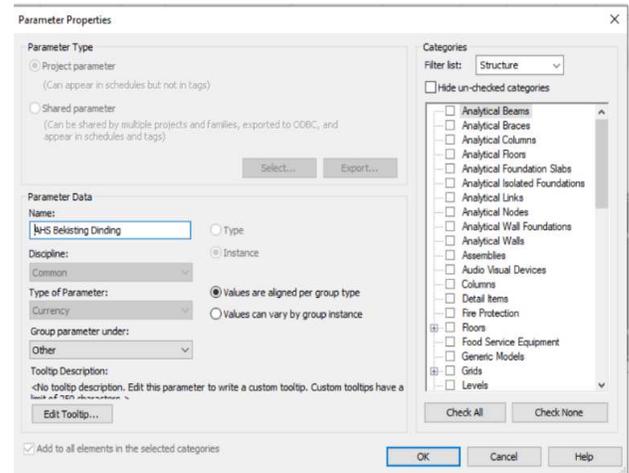
| No | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---|--------------------|-------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| A Tenaga Kerja | | | | | | |
| 1 | Pekerja | L.01 | OH | 1,320 | | |
| 2 | Tukang Batu | L.02 | OH | 0,220 | | |
| 3 | Kepala Tukang Batu | L.03 | OH | 0,022 | | |
| 4 | Mandor | L.04 | OH | 0,132 | | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | |
| B Bahan | | | | | | |
| 1 | PC/Portland Cement | M.15 | Kg | 200 | | |
| 2 | PB/Pasir Beton | M14.a | m3 | 0,522 | | |
| 3 | Kr/Kerikil | M12 | m3 | 0,862 | | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | |
| C Peralatan | | | | | | |
| D Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | |
| E Overhead + Profit (Contoh 15%) | | | | | 15% | X D |
| F Harga Satuan Pekerjaan per - m³ (D+E) | | | | | | |

Parameter AHS ini dimasukkan ke dalam Revit Sebagai parameter baru. Parameter ini dimasukkan dalam menu *Project Parameters* dari *tab Manage*.



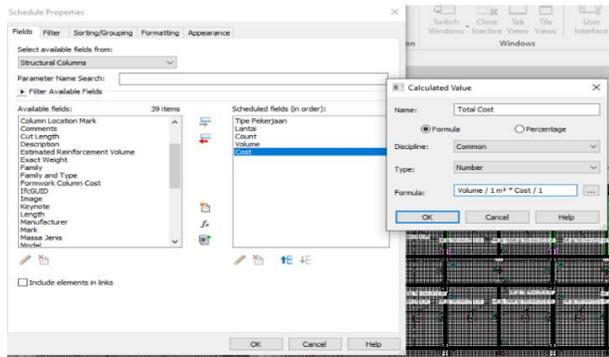
Gambar 2. *Project Parameters* untuk Pekerjaan Struktur

Untuk setiap parameter AHS dalam pekerjaan struktur, parameter data dimasukkan dalam menu *Parameter Properties Data* yang perlu dimasukkan adalah *Parameter Type* yang dipilih "Project Parameter, nama data parameter yang dimasukkan dalam tugas AHS yang ingin Anda tambahkan, *Discipline* yang dipilih "common", jenis parameter yang dipilih "Currency", dan *Group Parameter Under*, dengan 'Other', serta untuk *Categories* disesuaikan dengan lingkup AHS pekerjaan struktur.



Gambar 3. *Parameter Properties* AHS Pekerjaan Struktur.

Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah *quantity takeoff* bangunan. Pada, menu ini memasukkan parameter perhitungan kuantitas material dan memproses AHS untuk mendapatkan total harga item pekerjaan struktural.



Gambar 4. Schedule Properties Pekerjaan Kolom

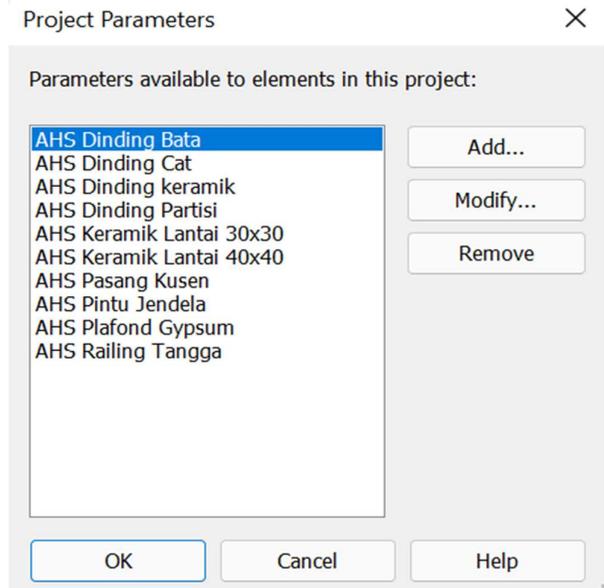
2. Pekerjaan Dinding

Hitung estimasi biaya menggunakan Revit, yaitu data Analisis Harga Satuan (AHS). Pekerjaan pembangunan AHS telah dihitung sebelumnya menggunakan perangkat lunak Excel. Berikut adalah contoh perhitungan AHS untuk pekerjaan dinding.

Tabel 3. AHS Pemasangan Dinding Bata Ringan

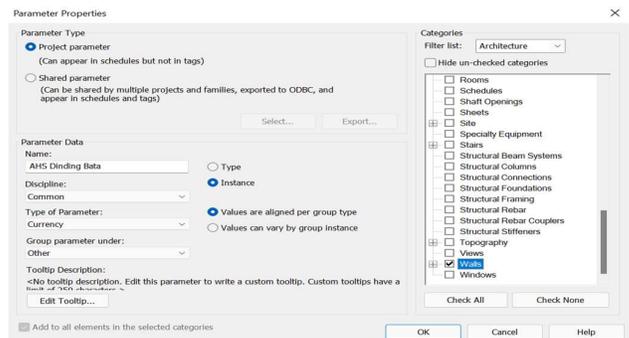
| No | Uraian | Kode | Satuan | Koefisien | Harga Satuan (Rp) | Jumlah Harga (Rp) |
|---|---|------|--------|-----------|-------------------|-------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| A Tenaga Kerja | | | | | | |
| 1 | Pekerja | L.01 | OH | 1,500 | | |
| 2 | Mandor | L.04 | OH | 0,150 | | |
| Jumlah Harga Tenaga Kerja | | | | | | |
| B Bahan | | | | | | |
| Jumlah Harga Bahan | | | | | | |
| C Peralatan | | | | | | |
| Jumlah Harga Peralatan | | | | | | |
| D Jumlah Harga Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan (A+B+C) | | | | | | |
| E | Overhead + Profit | | 15% | | X D | |
| (Contoh 15%) | | | | | | |
| F | Harga Satuan Pekerjaan per – m ³ (D+E) | | | | | |

Parameter AHS ini selanjutnya dimasukkan ke dalam Revit sebagai parameter baru. Dengan cara pilih tab *Manage*, lalu *Project Parameters*.



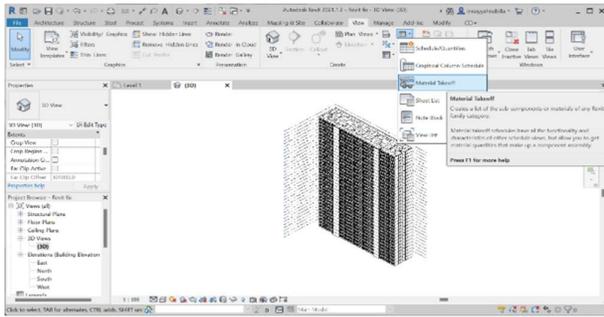
Gambar 5. Project Parameters untuk Pekerjaan Arsitektur

Pada Setiap Parameter harus diisikan parameter nya. terdapat Parameter Properties. Data yang Diperlukan: *Parameter Type* dipilih sebagai "*Project Parameter*", Nama Parameter Data harus diisi dengan Tugas AHS yang akan ditambahkan, Discipline dipilih sebagai "*common*", *Parameter Type* dipilih sebagai "*Currency*" dan *Group Parameter Under* diisi dengan "*Other*". Categories harus diselaraskan dengan ruang lingkup pekerjaan arsitektur AHS.



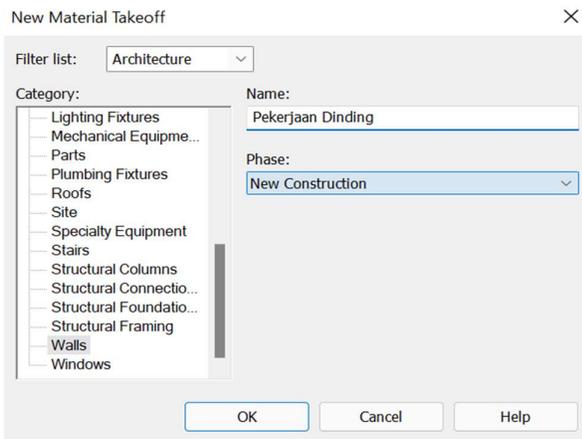
Gambar 6. Parameters Properties AHS Pekerjaan Arsitektur

Menu untuk menghitung estimasi biaya di Revit adalah menu *Schedule* pada tab *View*. Menu ini menghitung quantity takeoff untuk setiap view item pekerjaan. Ada dua pilihan menu untuk menghitung jumlah pekerjaan. Artinya, *Schedule/quantities* yang menghitung jumlah pekerjaan per unit. Material *takeoff*, di sisi lain, digunakan untuk menghitung jumlah material yang digunakan untuk setiap item pekerjaan.



Gambar 7. Menu *Schedule* untuk Perhitungan Jumlah Pekerjaan Arsitektur

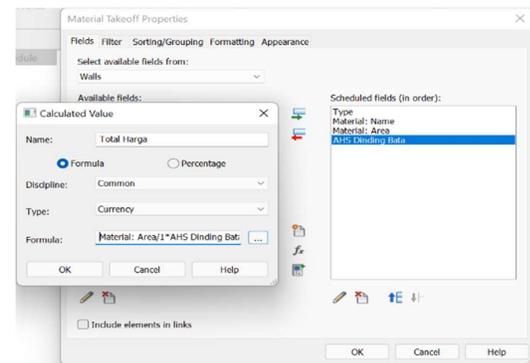
Untuk pekerjaan dinding, pilih menu *Material Takeoff*, lalu pilih kategori 'walls' dan isi nama pekerjaan dinding di kolom Name.



Gambar 8. New Material *Takeoff* Pekerjaan Dinding

Pilih parameter untuk menghitung perkiraan biaya pekerjaan dinding. Pilihan yang dipilih adalah Type (menunjukkan jenis dinding), Material: Name (menunjukkan jenis bahan dari mana dinding dibuat), dan Material: Area (menunjukkan luas masing-masing bahan dari mana dinding tersebut dibuat), dan dinding bata AHS sebagai parameter opsional.

Jika ingin menghitung total biaya pekerjaan dinding pada revit, pilih fungsi *Calculated Value* untuk menambahkan opsi Biaya Total. Rumus untuk masuk ke fungsi ini adalah hasil kali AHS dinding bata Material: Area. Berikut adalah tampilan dari sifat material pasangan bata.



Gambar 9. Dinding Bata. Material *Takeoff Properties* untuk Pekerjaan

Berdasarkan Analisa yang telah dilakukan, bahwa untuk perhitungan estimasi biaya pada BIM perlu disesuaikan dengan Analisa Harga Satuan (AHS). Setiap paket pekerjaan memiliki beberapa aktivitas yang memiliki AHS masing-masing, sehingga AHS dimasukkan sebagai parameter baru. Penambahan parameter AHS pada BIM dapat dilakukan pada menu *Project Parameters*.

Selain AHS, parameter lainnya dapat ditambahkan sesuai dengan item material yang harus dihitung volumenya. Misalnya pada pekerjaan pembuatan kolom, terdiri dari pekerjaan pembesian, bekisting dan pembetonan. Dari pekerjaan pembesian dan bekisting ada tambahan parameter lagi, yaitu massa jenis besi (untuk menghitung volume besi) dan luasan bekisting [5].

Sedangkan pada pekerjaan arsitektur, perlu diperhatikan volume item pekerjaannya. Pekerjaan yang dapat dihitung menggunakan Schedules/quantities atau material takeoff. Hal ini dapat disesuaikan dengan AHS pekerjaan tersebut.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini yaitu, Untuk mengidentifikasi parameter input estimasi biaya menggunakan BIM, parameter yang dapat diinput pada pekerjaan arsitektur input parameter yang dibutuhkan adalah Analisa Harga Satuan (AHS), pada pekerjaan struktur input parameter yang dibutuhkan adalah Analisa Harga Satuan (AHS), Massa jenis (untuk menghitung berat tulangan), Luas area bekisting (untuk pekerjaan pemasangan bekisting)

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih atas Hibah Dana Penelitian FTUP dengan nomor kontrak 940/D/FTUP/VI/2021 dan PT AECOM sebagai pemberi data primer penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. - et al., "Sosialisasi Aplikasi Teknologi *Building Information Modelling* (BIM) pada Sektor Konstruksi Indonesia," J. TEPAT Appl. Technol. J. Community Engagem. Serv., vol. 2, no. 2, pp. 112–119, 2019.
- [2] B. A. B. li, "Ts150342_2," pp. 6–21.
- [3] "BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. Estimasi Biaya," pp. 5–18.
- [4] F. H. Abanda, B. Kamsu-Foguem, and J. H. M. Tah, "BIM – New rules of measurement ontology for construction cost estimation," Eng. Sci. Technol. an Int. J., vol. 20, no. 2, pp. 443–459, 2017, doi: 10.1016/j.jestch.2017.01.007.
- [5] Risky Apriansyah, "Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (Bim) Dalam Estimasi Quantity Take Off Material Pekerjaan Struktural Implementation the Concept of *Building Information Modelling* (Bim) in the Estimation of Quantity Take Off Materials of Structural Work," 2021.