

Optimalisasi Sumber Daya Manusia dan Pengaplikasian *Building Information Modeling (BIM) 5D* pada Proyek Konstruksi Gedung

Rizaldi Athmaniyad Hidayat^{1),*), Empung^{2), dan Hidayanto^{3), Muhammad Ridha Al-Mustafa^{4), dan Intan Nuriskha Rachma⁵⁾}}}}

1), 2), 3), 4), 5), *) Jurusan Teknik Sipil, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, INDONESIA

*Corresponding authors: 217011044i@student.unsil.ac.id

Diserahkan 14 Desember 2025. Direvisi 21 Desember 2025. Diterima 08 Januari 2025

ABSTRAK Penelitian ini dilakukan untuk mendukung peningkatan efisiensi proyek konstruksi melalui optimalisasi sumber daya manusia dan penerapan *Building Information Modeling (BIM) 5D* pada perhitungan biaya serta perencanaan tenaga kerja. Penelitian ini membahas permasalahan tidak efisiennya perhitungan biaya dan alokasi sumber daya manusia pada proyek konstruksi yang sering terjadi ketika menggunakan metode konvensional. Tujuan penelitian adalah menganalisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan struktur dan arsitektur menggunakan *Software*, mengevaluasi fluktuasi tenaga kerja berdasarkan *Bill of Quantity (BOQ) existing*, serta membandingkan perhitungan RAB konvensional dengan BIM 5D dan alokasi tenaga kerja setelah dilakukan *resource leveling* dengan *Software BIM*. Penelitian ini menggunakan studi kasus proyek pembangunan gedung di Tasikmalaya dengan metode analisis data dokumentasi proyek berupa data RAB metode konvensional dan data DED. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BIM 5D memberikan estimasi biaya yang lebih akurat dan detail dibandingkan metode konvensional, sedangkan analisis tenaga kerja mengungkapkan adanya fluktuasi pada jalur kritis yang menyebabkan *leveling* tidak dapat dilakukan tanpa memperpanjang durasi proyek. Kesimpulannya, implementasi BIM 5D dapat meningkatkan akurasi biaya serta mendukung perencanaan tenaga kerja, namun pada jalur kritis penambahan tenaga kerja menjadi solusi utama. Penelitian ini menyarankan penerapan BIM 5D sejak tahap perencanaan dan pengembangan penelitian lanjutan mengenai dimensi BIM lain seperti *clash detection* dan analisis biaya MEP berbasis AHSP.

KATA KUNCI BIM 5D, Rencana Anggaran Biaya, *Resource Leveling*, Sumber Daya Manusia

ABSTRACT This research aims to enhance the efficiency of construction projects through the optimization of human resources and the application of *Building Information Modeling (BIM) 5D* in cost estimation and workforce planning. This study addresses the problem of inefficiency in cost estimation and human resource allocation in construction projects, which often occurs when using conventional methods. The purpose of this research is to analyze the Cost Estimate (RAB) for structural and architectural works using *Software*, evaluate workforce fluctuations based on the existing *Bill of Quantity (BoQ)*, and compare conventional cost estimation with BIM 5D as well as workforce allocation after applying *resource leveling* through *BIM Software*. This research employs a case study of building project in Tasikmalaya by analyzing project documents, including conventional RAB data and detailed engineering design (DED) data. The results show that BIM 5D provides more accurate and detailed cost estimation compared to conventional methods, while the workforce analysis reveals fluctuations on the critical path that make leveling impossible without extending the project duration. In conclusion, the implementation of BIM 5D improves cost accuracy and supports workforce planning, but additional manpower on the critical path remains the primary solution. This study recommends applying BIM 5D from the planning stage and further research on other BIM dimensions, such as *clash detection* and MEP cost analysis based on AHSP.

KEYWORDS BIM 5D, Cost Budget Plan, Human Resources, *Resource Leveling*

1. PENDAHULUAN

Proyek konstruksi memiliki peran strategis dalam pembangunan infrastruktur, namun sering menghadapi kendala terkait pengelolaan biaya dan sumber daya manusia. Pelaksanaan proyek konstruksi harus mengikuti penjadwalan yang telah direncanakan. Informasi terkait durasi pekerjaan yang direncanakan, waktu mulai dan selesaiannya suatu pekerjaan dimuat dalam penjadwalan (Servanty et al., 2025). Keberhasilan rencana penjadwalan dipengaruhi oleh sumber daya, waktu, dan biaya. Sumber daya yang memiliki peran penting dalam konstruksi adalah peralatan, material dan sumber daya manusia (Adianto & Putro, 2019). Perhitungan biaya dengan metode konvensional yang masih banyak digunakan memiliki kelemahan berupa ketidakakuratan estimasi, potensi *rework*, dan waktu pengerjaan yang lebih lama. Demikian pula, pengalokasian sumber daya manusia yang tidak optimal dapat menyebabkan terjadinya fluktuasi tenaga kerja pada

pekerjaan kritis yang berisiko memperpanjang durasi proyek. Kondisi ini menuntut adanya pendekatan yang lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan akurasi biaya sekaligus mengoptimalkan alokasi sumber daya manusia pada proyek konstruksi gedung.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *Building Information Modeling* (BIM) mampu meningkatkan efisiensi dalam perencanaan proyek konstruksi. BIM 5D, yang mengintegrasikan dimensi 3D, jadwal (4D), dan biaya (5D), terbukti dapat memperbaiki akurasi estimasi biaya dan mempermudah analisis biaya secara *real-time* (Fitriono et al., 2023). Penelitian (Heston et al., 2025) menekankan bahwa metode konvensional rentan terhadap *rework* karena perhitungan manual volume pekerjaan. (Pratama et al., 2025) juga menunjukkan keterbatasan metode konvensional dalam menghasilkan data volume yang cepat dan akurat. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada perhitungan biaya atau aspek visualisasi proyek, sementara integrasi antara estimasi biaya dengan optimalisasi sumber daya manusia melalui pendekatan BIM 5D masih jarang dilakukan (Gouda Mohamed et al., 2024; Noviani & Rachma, 2025; Věrný & Žák, 2025).

Berdasarkan kajian literatur, dapat diidentifikasi adanya kesenjangan penelitian terkait penggunaan BIM 5D yang tidak hanya terbatas pada perhitungan RAB, tetapi juga dikombinasikan dengan analisis kebutuhan sumber daya manusia. Belum banyak studi yang secara spesifik mengkaji perbandingan RAB metode konvensional dan BIM 5D sekaligus mengintegrasikan hasil analisis tersebut dengan proses *resource leveling* untuk tenaga kerja menggunakan perangkat lunak manajemen proyek. Dengan demikian, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi celah tersebut, khususnya pada studi kasus proyek gedung di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis Rencana Anggaran Biaya (RAB) pada pekerjaan struktur dan arsitektur menggunakan perangkat lunak berbasis BIM, mengevaluasi fluktuasi tenaga kerja berdasarkan *Bill of Quantity* (BoQ) existing, serta membandingkan hasil perhitungan RAB konvensional dengan metode BIM 5D. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis perbedaan alokasi tenaga kerja setelah dilakukan *resource leveling* menggunakan *Software BIM*. Kontribusi utama penelitian ini adalah memberikan pemahaman komprehensif mengenai penerapan BIM 5D sebagai pendekatan yang lebih akurat dan efisien dalam pengelolaan biaya serta optimalisasi sumber daya manusia pada proyek konstruksi gedung.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di proyek konstruksi gedung sebuah Bank di Tasikmalaya yang beralamat di Kota Tasikmalaya Provinsi Jawa Barat (Gambar 1). Proyek ini merupakan proyek gedung perkantoran yang memiliki 4 lantai dan 1 *basement* dan menggunakan beton bertulang untuk strukturnya. Proyek direncanakan selesai dalam 300 hari kalender dengan nilai kontrak sebesar Rp56.000.000.000,00 (lima puluh enam miliar rupiah).



Gambar 1. Lokasi proyek penelitian di area Tasikmalaya

2.2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data sekunder yang terdiri dari Rencana Anggaran Biaya (RAB), *Bill of Quantity* (BoQ), Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP), Rencana Penjadwalan (Kurva S) dan *Detailed Engineering Design* (DED) pada proyek konstruksi gedung sebuah Bank di Tasikmalaya.

2.3. Alat dan Bahan Penelitian

1. Dokumen Proyek

Dokumen Proyek merupakan salah satu bahan utama dalam penelitian ini yang berfungsi sebagai sumber data teknis untuk proses analisis dan pemodelan. Dokumen tersebut meliputi gambar perencanaan (*Detail Engineering Design*/DED), Rencana Anggaran Biaya (RAB) konvensional, dan *Bill of Quantity* (BoQ) *existing*.

a. Gambar DED

Gambar DED digunakan sebagai dasar dalam proses pemodelan 3D di *Software*. Melalui gambar ini, seluruh elemen pekerjaan seperti struktur dan arsitektur dapat dimodelkan secara akurat sesuai kondisi rencana proyek.

b. RAB Konvensional

RAB Konvensional berfungsi sebagai acuan pembanding terhadap hasil perhitungan biaya menggunakan metode BIM 5D. Data ini memuat rincian harga satuan pekerjaan, volume, serta total biaya proyek yang dihitung secara manual atau menggunakan metode konvensional.

c. BoQ Existing

BoQ *Existing* digunakan untuk menghitung kebutuhan tenaga kerja berdasarkan volume pekerjaan aktual. Data ini kemudian diolah dan diintegrasikan ke dalam *Software* BIM untuk analisis *resource allocation* dan *resource leveling*.

2. Perangkat Lunak Berbasis BIM

Dalam penelitian ini, representasi fisik dan fungsional objek dibangun menggunakan perangkat lunak berbasis BIM. Instrumen ini dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan model 3D yang kaya informasi (*information rich model*), mencakup sistem struktural dan MEP secara terpadu. Keunggulan parametrik pada perangkat ini meminimalisir kesalahan manusia (*human error*) dalam sinkronisasi data, sehingga integritas model tetap terjaga selama proses simulasi berlangsung.

3. Software BIM

Software BIM merupakan salah satu *Software* manajemen proyek yang andal untuk melaksanakan tugas sehari-hari bagi *project manager*. *Software* BIM dirancang untuk membantu manajer proyek mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya, melacak kemajuan, mengelola anggaran, dan menganalisis beban kerja. *Software* BIM menawarkan keseimbangan antara kemudahan penggunaan, keunggulan, dan fleksibilitas sehingga dapat menyelesaikan tugas dengan lebih efektif dan efisien (Tan et al., 2023).

2.4. Metode Analisis Data

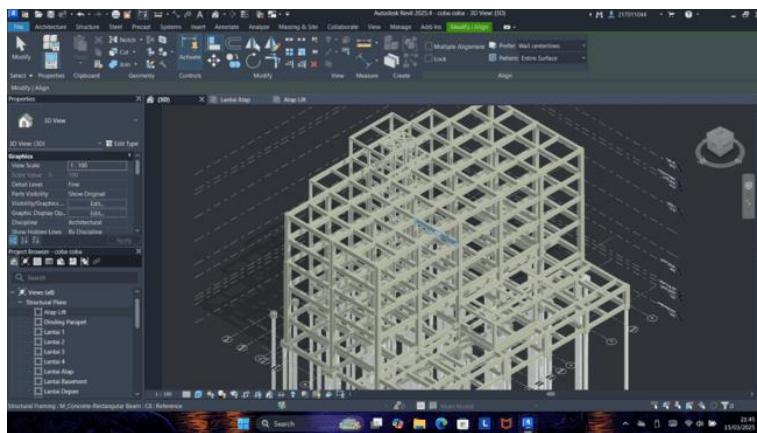
Tahapan analisis dimulai dengan pemodelan 3D (Gambar 2) dan penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berbasis metode BIM, di mana data dari DED diintegrasikan ke dalam perangkat lunak BIM untuk menghasilkan model digital yang kaya informasi. Melalui model tersebut, volume pekerjaan diekstraksi secara otomatis untuk menyusun *Bill of Quantities* (BoQ) dan RAB yang memiliki presisi tinggi. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara RAB konvensional dengan RAB metode BIM guna mengevaluasi tingkat deviasi, akurasi perhitungan, serta efisiensi biaya yang dihasilkan oleh kedua pendekatan tersebut. Sebagai langkah akhir, dilakukan analisis kebutuhan tenaga kerja dengan merujuk pada BoQ eksisting untuk menghitung kebutuhan personil harian pada setiap item pekerjaan, sehingga efektivitas penggunaan sumber daya manusia dalam proyek dapat terukur secara sistematis. Menurut (Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2023) kebutuhan tenaga kerja dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2):

$$\text{Kebutuhan tenaga kerja} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(\text{Produktivitas} \times \text{Durasi})} \quad (1)$$

Produktivitas didapatkan dari:

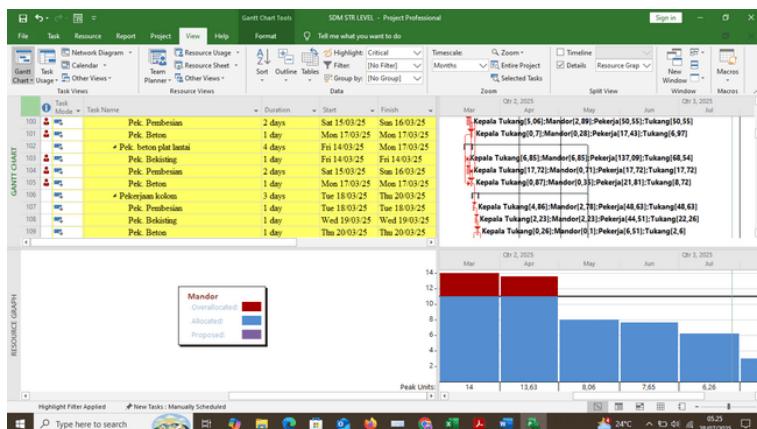
$$\text{Produktivitas} = \frac{1}{\text{Koefisien}} \quad (2)$$

Koefisien yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari koefisien yang terdapat pada AHSP proyek konstruksi gedung di mana lokasi penelitian dilakukan.



Gambar 2. Pemodelan menggunakan perangkat lunak berbasis BIM

Proses optimasi sumber daya manusia dilakukan melalui tahapan *resource leveling* (Gambar 3) dengan mengintegrasikan data kebutuhan tenaga kerja ke dalam perangkat lunak *Software BIM*. Melalui prosedur ini, alokasi tenaga kerja diatur sedemikian rupa untuk menghindari terjadinya *over allocation* atau penumpukan beban kerja pada periode tertentu. Hasil dari proses *leveling* tersebut kemudian dianalisis secara komparatif terhadap kondisi jadwal awal (keadaan eksisting) guna mengevaluasi tingkat efisiensi distribusi tenaga kerja serta dampaknya terhadap durasi dan kesinambungan proyek secara keseluruhan.

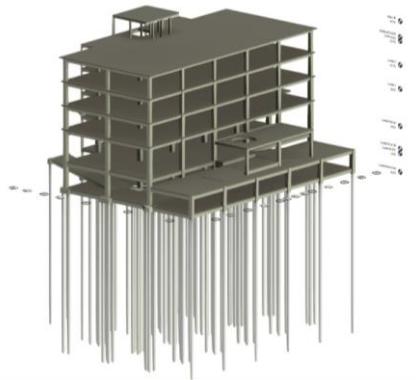


Gambar 3. *Resource leveling* menggunakan BIM

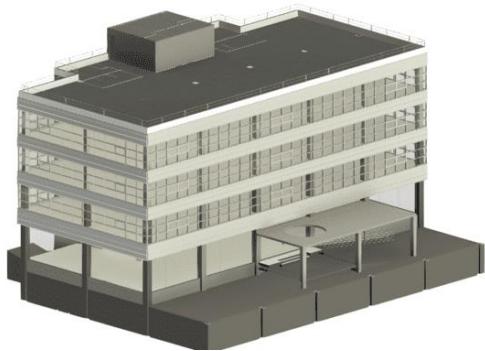
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pemodelan Bangunan

Pemodelan bangunan dilakukan pada pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, dan pekerjaan MEP. Sebelum melakukan pemodelan, integrasikan gambar proyek dengan perangkat lunak BIM terlebih dahulu untuk memastikan pemodelan dapat dilakukan dengan seakurat mungkin. Pada penelitian ini, pemodelan arsitektur bangunan dilakukan pada *file* perangkat lunak BIM yang berbeda, pemisahan *file* struktur (Gambar 4) dan arsitektur (Gambar 5) ini bertujuan untuk mengurangi beban *processing* dan *loading data* selama penelitian berlangsung.



Gambar 4. Pemodelan pekerjaan struktur



Gambar 5. Pemodelan pekerjaan arsitektur

3.2. Pengeluaran *Quantity Take Off*

Hasil pemodelan 3D berbasis BIM digunakan untuk menghitung kuantitas material melalui proses *Quantity Take Off* pada setiap elemen struktural dan arsitektural menggunakan perangkat lunak berbasis BIM. *Output* dari proses ini berupa *Bill of Quantity* (BoQ) dalam format csv, yang kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* sebagai dasar penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

3.3. Perhitungan RAB Metode BIM

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan estimasi biaya menggunakan metode BIM pada pekerjaan struktur dan arsitektur proyek konstruksi gedung di mana penelitian dilakukan, menghasilkan RAB metode BIM sebesar Rp12.206.414.923,98. Harga tersebut mencakup biaya pekerjaan struktur sebesar Rp7.942.452.226,72 dan pekerjaan arsitektur sebesar Rp4.263.962.697,26.

3.4. Analisis Selisih RAB Metode Konvensional dan Metode BIM

Selisih volume dan estimasi biaya didapatkan dari hasil perbandingan antara volume dan estimasi biaya proyek metode konvensional dengan volume estimasi biaya proyek yang dilakukan berdasarkan perhitungan volume berbasis BIM. Berdasarkan hasil perbandingan perhitungan RAB antara metode konvensional dengan RAB metode BIM pada proyek konstruksi gedung di mana penelitian dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut pada Tabel 1:

Tabel 1. Perbandingan estimasi biaya

Jenis Pekerjaan	RAB Konvensional	RAB BIM	Selisih	
Pekerjaan Struktur	Rp 9.071.746.353,18	Rp 7.942.452.226,72	Rp 1.129.294.126,46	12,45%
Pekerjaan Arsitektur	Rp 4.073.225.654,82	Rp 4.263.962.697,26	Rp 190.737.042,44	4,68%
Total	Rp 13.144.972.008,00	Rp 12.206.414.923,98	Rp 1.320.031.168,90	7,14%

Berdasarkan Tabel 1, selisih perbandingan estimasi biaya pada pekerjaan struktur didapat Rp1.129.294.126,46 atau 12,45% dimana hasil dari estimasi biaya berbasis BIM lebih sedikit dibandingkan estimasi biaya metode konvensional. Sementara untuk selisih perbandingan estimasi biaya pada pekerjaan arsitektur didapat Rp190.737.042,44 atau 4,68% dimana hasil dari estimasi biaya berbasis BIM lebih banyak dari estimasi biaya metode konvensional. Jika kedua hasil tersebut dikalkulasikan, maka selisih estimasi biaya pekerjaan struktur dan arsitektur didapat Rp1.320.031.168,90 atau 7,14%, dimana hasil dari estimasi biaya berbasis BIM lebih sedikit dibandingkan estimasi biaya metode konvensional.

3.5. Resources Leveling

Optimalisasi pemanfaatan tenaga kerja merupakan aspek penting dalam pelaksanaan proyek, mengingat pelepasan dan perekuturan kembali tenaga kerja tidak selalu mudah. Oleh karena itu, fluktuasi kebutuhan tenaga kerja perlu diminimalkan agar penggunaan sumber daya lebih stabil. *Resource leveling* merupakan salah satu pendekatan untuk mengatasi kondisi tersebut (Dai et al., 2023). Metode ini bertujuan menyeimbangkan alokasi tenaga kerja sehingga mengurangi risiko kelebihan (*overallocation*) maupun kekurangan (*underallocation*) pada periode tertentu, melalui perataan distribusi tenaga kerja sesuai ketersediaan tanpa menimbulkan beban berlebih pada hari-hari tertentu. Dalam penelitian ini, *Software BIM* digunakan sebagai perangkat bantu untuk menerapkan *resource leveling* secara sistematis, karena mampu memvisualisasikan kebutuhan sumber daya harian serta menyediakan fitur penyesuaian jadwal secara otomatis maupun manual.

3.6. Analisis Waktu dan Pekerjaan yang Mengalami Overallocation

Berdasarkan perhitungan tenaga kerja puncak dari *input* yang dilakukan, pada *Software BIM* dengan menggunakan data yang didapatkan dari lokasi dimana penelitian dilakukan, menghasilkan batas penggunaan sumber daya pekerja sebanyak 109,00 orang, tukang sebanyak 57,00 orang, kepala tukang sebanyak 7,00 orang, dan mandor sebanyak 11,00 orang. Sehingga berdasarkan batas penggunaan sumber daya tersebut sumber daya menjadi terbatas dan mengakibatkan terjadinya *overallocation* di beberapa waktu pekerjaan, seperti yang terdapat pada Tabel 2. angka yang di *highlight* menggunakan warna kuning merupakan tenaga kerja yang mengalami *overallocation*.

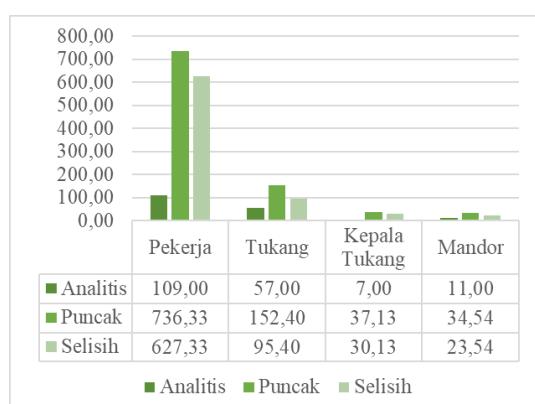
Tabel 2. *Overallocation* tenaga kerja

Tanggal	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
17/02/2025	67,92	64,03	6,40	3,92
21/02/2025	88,09	83,45	8,34	4,96
22/02/2025	88,09	83,45	8,34	4,96
26/02/2025	736,33	9,05	0,91	34,54
27/02/2025	736,33	9,05	0,91	34,54
05/03/2025	38,76	37,83	37,13	1,56
10/03/2025	57,93	44,47	11,29	2,99
14/03/2025	278,29	145,25	14,52	14,00
15/03/2025	83,73	83,73	24,33	4,49
16/03/2025	76,36	16,36	30,87	3,92
17/03/2025	47,33	23,78	9,66	0,95
21/03/2025	277,82	138,35	13,89	13,89
22/03/2025	82,15	74,56	23,33	4,29
23/03/2025	82,15	74,56	23,33	4,29
11/04/2025	306,95	148,29	14,83	13,63
12/04/2025	111,28	84,50	24,27	4,03
13/04/2025	110,02	84,50	24,27	4,03
15/04/2025	78,46	62,69	6,27	2,45
25/04/2025	222,61	111,78	11,23	11,13
26/04/2025	217,89	111,78	11,23	11,13
27/04/2025	217,89	109,42	11,23	11,13
28/04/2025	130,30	66,44	6,88	6,76
29/04/2025	93,27	62,93	6,53	5,12

Tanggal	Pekerja	Tukang	Kepala Tukang	Mandor
02/05/2025	114,96	138,46	13,85	5,41
03/05/2025	96,68	120,18	22,57	4,17
04/05/2025	92,17	117,93	22,34	3,94
05/05/2025	45,14	50,43	15,59	1,58
19/05/2025	129,57	84,16	8,41	6,04
20/05/2025	243,85	91,29	9,13	6,41
23/05/2025	141,88	120,59	11,97	7,04
24/05/2025	149,84	105,67	10,49	7,91
25/05/2025	153,21	102,15	10,02	8,06
02/06/2025	97,04	67,69	6,77	4,22
03/06/2025	97,04	67,69	6,77	4,22
06/06/2025	136,49	149,70	14,87	6,68
07/06/2025	143,48	134,27	13,32	7,55
08/06/2025	138,35	125,11	12,40	7,30
16/06/2025	108,13	74,93	7,37	4,79
17/06/2025	105,78	72,53	7,12	4,70
19/06/2025	74,70	58,36	5,84	3,15
20/06/2025	137,27	152,40	15,26	6,85
21/06/2025	143,84	135,94	13,60	7,65
22/06/2025	137,25	125,55	12,56	7,34
23/06/2025	85,77	60,17	6,01	4,56
24/06/2025	86,48	59,39	5,93	4,59
25/06/2025	86,48	59,39	3,93	4,59
26/06/2025	87,57	60,78	6,07	4,64
29/06/2025	94,10	59,08	5,78	4,73
04/07/2025	116,24	121,18	12,12	6,26
05/07/2025	116,16	119,73	11,97	6,23
06/07/2025	109,57	109,34	10,93	5,92

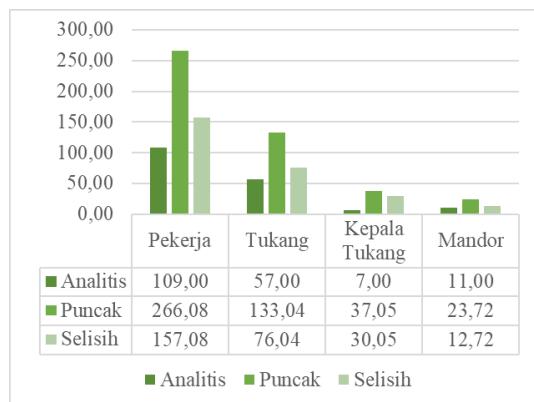
3.7. Analisis Selisih Kebutuhan Tenaga Kerja Puncak

Setelah dilakukan perhitungan dan hasil perhitungan di *input* ke dalam *Software BIM*, menghasilkan jumlah kebutuhan tenaga kerja maksimum berdasarkan metode analitis sebanyak 109,00 orang pekerja, 57,00 orang tukang, 7,00 orang kepala tukang dan 11,00 orang mandor. Namun berdasarkan jumlah tersebut masih terdapat *overall allocation* tenaga kerja dengan jumlah maksimal kebutuhan tenaga kerja mencapai 736,33 orang pekerja, 152,40 orang tukang, 37,13 orang kepala tukang dan 34,54 orang mandor (Gambar 6). Maka perlu dilakukan *leveling* untuk mengoptimalkan kebutuhan tenaga kerja.



Gambar 6. Selisih kebutuhan tenaga kerja puncak sebelum *leveling*

Setelah dilakukan *leveling* (Gambar 7), puncak *overallocation* berubah menjadi 266,08 orang pekerja, 133,04 orang tukang, 37,05 orang kepala tukang dan 23,72 orang mandor. Jumlah puncak kebutuhan tenaga kerja masih berada di atas batas maksimal tenaga kerja, hal tersebut terjadi dikarenakan *leveling* tidak bisa dilakukan dengan maksimal, maka masih terdapat pekerjaan yang mengalami *overallocation*.



Gambar 7. Selisih kebutuhan tenaga kerja puncak setelah *leveling*

Berdasarkan hasil tersebut, perlu dilakukannya penambahan tenaga kerja untuk menjaga agar proyek tetap berjalan sesuai rencana penjadwalan.

3.8. Pembahasan

1. Rencana Anggaran Biaya Metode BIM

Dalam penyusunan RAB, metode konvensional umumnya mengandalkan perhitungan manual berbasis rumus geometris (luas untuk pekerjaan m^2 dan volume untuk pekerjaan m^3). Proses ini menuntut ketelitian tinggi karena setiap komponen dihitung satu per satu dari gambar kerja, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan maupun duplikasi perhitungan. Sebaliknya, *Building Information Modeling* (BIM) memungkinkan perhitungan kuantitas dilakukan secara otomatis melalui model tiga dimensi. Perubahan desain pada model akan memperbarui volume pekerjaan secara real time, sehingga penyusunan RAB menjadi lebih cepat, akurat, dan efisien dibandingkan metode konvensional. Adapun hasil analisis volume dan estimasi biaya berbasis BIM menunjukkan bahwa:

a. RAB Metode BIM Pekerjaan Struktur

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan metode BIM menggunakan perangkat lunak Autodesk pada pekerjaan struktur Proyek Konstruksi Gedung Mandiri Area Tasikmalaya menghasilkan volume dan estimasi biaya pekerjaan beton sebesar $1.333,38 m^3$ atau sebesar Rp1.942.507.748,19. Pada pekerjaan bekisting mendapatkan hasil sebesar $8.662,17 m^2$ atau sebesar Rp1.371.524.952,42. Pada pekerjaan pembesian mendapatkan hasil sebesar Rp4.628.419.526,11 harga tersebut terdiri dari 139.406,63 kg untuk besi tulangan dan $23.218,69 m^2$ untuk tulangan *wiremesh*.

b. RAB Metode BIM Pekerjaan Arsitektur

Berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan metode BIM menggunakan perangkat lunak Autodesk pada pekerjaan arsitektur proyek konstruksi gedung menghasilkan volume dan estimasi biaya pekerjaan sebesar Rp1.344.586.811,45 untuk pekerjaan dinding, Rp175.085.045,50 untuk pekerjaan pintu dan jendela, Rp1.266.381.344,77 untuk pekerjaan lantai, Rp887.054.135,72 untuk pekerjaan langit-langit, dan Rp590.855.359,82 untuk pekerjaan kamar mandi atau wc.

Maka dapat disimpulkan, berdasarkan hasil pemodelan dan perhitungan estimasi biaya menggunakan metode BIM pada pekerjaan struktur dan arsitektur proyek konstruksi gedung menghasilkan RAB metode BIM sebesar Rp12.206.414.923,98. Harga tersebut mencakup biaya pekerjaan struktur sebesar Rp7.942.452.226,72 dan pekerjaan arsitektur sebesar Rp4.263.962.697,26.

2. Perbandingan RAB Metode BIM dan Metode Konvensional

Perhitungan RAB dengan metode konvensional dilakukan secara manual mengacu pada gambar kerja 2D dan rumus geometris sederhana, kelebihannya mudah dipahami tanpa aplikasi khusus, namun rawan kesalahan, memakan waktu yang lama, dan sulit menyesuaikan jika ada perubahan desain. Sebaliknya, metode BIM menggunakan model 3D terintegrasi yang mampu menghitung volume secara otomatis, lebih cepat, akurat, serta menyesuaikan perubahan desain

secara *real time*. Dari data yang diperoleh dari proyek konstruksi gedung, diketahui RAB metode konvensional sebesar Rp13.144.972.008,00. Harga tersebut mencakup biaya pekerjaan struktur sebesar Rp9.071.746.353,18 dan pekerjaan arsitektur sebesar Rp4.073.225.654,82. Perbandingan RAB metode konvensional dengan RAB metode BIM didapat hasil:

a. Perbandingan RAB Pekerjaan Struktur

Pada pekerjaan struktur yang terdiri dari pekerjaan beton, pekerjaan bekisting dan pekerjaan pemasangan diketahui RAB konvensional pekerjaan beton sebesar Rp2.153.883.390,97, pekerjaan bekisting sebesar Rp1.542.190.722,32, dan pekerjaan pemasangan sebesar Rp5.375.672.239,89. Perbandingan RAB metode BIM dengan metode konvensional menghasilkan selisih estimasi biaya sebesar Rp 211.375.642,78 atau 9,81% pada pekerjaan beton. Pada pekerjaan beton RAB metode BIM memiliki nilai lebih kecil dibandingkan RAB metode konvensional. Pada pekerjaan bekisting mendapatkan selisih sebesar Rp 170.665.769,90 atau 11,07%. Pada pekerjaan pemasangan RAB metode BIM memiliki nilai lebih kecil dibandingkan RAB metode konvensional. Pada pekerjaan pemasangan mendapatkan selisih sebesar Rp 747.252.713,78 atau 13,90%. Pada pekerjaan pemasangan RAB metode BIM memiliki nilai lebih kecil dibandingkan RAB metode konvensional.

b. Perbandingan RAB Pekerjaan Arsitektur

Pada pekerjaan arsitektur yang terdiri dari pekerjaan dinding, pekerjaan pintu dan jendela, pekerjaan lantai, pekerjaan langit-langit, dan pekerjaan kamar mandi/wc, diketahui RAB konvensional pekerjaan dinding sebesar Rp1.262.673.053,06, pekerjaan pintu dan jendela sebesar Rp 138.552.642,77, pekerjaan lantai sebesar Rp1.235.457.672,48, pekerjaan langit-langit sebesar Rp 884.232.191,70, dan pekerjaan kamar mandi atau wc sebesar Rp 552.310.094,82.

Perbandingan RAB metode BIM dengan metode konvensional menghasilkan selisih estimasi biaya sebesar Rp 81.913.758,39 atau 6,09% pada pekerjaan dinding. Pada pekerjaan dinding RAB metode BIM memiliki nilai lebih besar dibandingkan RAB metode konvensional. Pada pekerjaan pintu dan jendela mendapatkan selisih sebesar Rp 36.532.402,73 atau 20,87%. Pada pekerjaan pintu dan jendela RAB metode BIM memiliki nilai lebih besar dibandingkan RAB metode konvensional. Pada pekerjaan lantai mendapatkan selisih sebesar Rp30.923.672,30 atau 2,44%. Pada pekerjaan lantai RAB metode BIM memiliki nilai lebih besar dibandingkan RAB metode konvensional. Pada pekerjaan langit-langit mendapatkan selisih sebesar Rp2.821.944,02 atau 0,32%. Pada pekerjaan langit-langit RAB metode BIM memiliki nilai lebih besar dibandingkan RAB metode konvensional. Pada pekerjaan kamar mandi atau wc mendapatkan selisih sebesar Rp 38.545.265,00 atau 6,52%. Pada pekerjaan kamar mandi atau wc RAB metode BIM memiliki nilai lebih besar dibandingkan RAB metode konvensional.

3. Faktor Penyebab Perbedaan Hasil Perhitungan RAB Metode BIM

Perbedaan mendasar antara metode konvensional dan *Building Information Modeling* (BIM) terletak pada sumber data serta mekanisme pengolahannya. Pada metode konvensional, perhitungan volume sangat bergantung pada interpretasi manual terhadap gambar dua dimensi (2D), sehingga rentan terhadap kesalahan pembacaan dimensi dan human error. Sebaliknya, teknologi BIM memanfaatkan model tiga dimensi (3D) yang telah terintegrasi dengan data material dan spesifikasi teknis secara komprehensif, sehingga menjamin tingkat akurasi dimensi yang lebih tinggi melalui perhitungan volume otomatis yang presisi. Selain itu, dalam menghadapi perubahan desain, metode konvensional memerlukan rekalkulasi manual yang memakan waktu dan berisiko menimbulkan inkonsistensi data, sedangkan sistem BIM memungkinkan pembaruan volume dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) secara *real-time* melalui sifat parametriknya. Kedetailan pekerjaan juga menjadi aspek krusial, di mana BIM mampu memvisualisasikan elemen-elemen kecil seperti sambungan dan bukaan yang sering kali terabaikan dalam estimasi manual berbasis *spreadsheet*. Secara keseluruhan, transisi dari kalkulasi manual menuju penggunaan perangkat lunak terintegrasi dalam BIM merepresentasikan evolusi teknologi yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi serta akurasi manajerial proyek konstruksi.

4. Waktu dan Pekerjaan yang Mengalami *Overallocation*

Perencanaan sumber daya manusia pada proyek konstruksi harus dilakukan secara cermat untuk meminimalkan fluktuasi kebutuhan tenaga kerja. Fluktuasi yang berlebihan dapat menyebabkan penumpukan pekerja pada periode tertentu, peningkatan biaya akibat waktu menganggur, serta keterlambatan pekerjaan ketika tenaga kerja tidak mencukupi. Kondisi ini umumnya dipicu oleh ketidaksesuaian penjadwalan, perubahan urutan aktivitas, keterbatasan ketersediaan tenaga kerja, dan munculnya pekerjaan tambahan yang tidak terantisipasi. Salah satu upaya mitigasi adalah penjadwalan ulang melalui *resource leveling* menggunakan perangkat lunak (misalnya *Software BIM*) agar distribusi tenaga kerja lebih merata sesuai kapasitas. Hasil analisis menetapkan batas penggunaan tenaga kerja sebesar 109 pekerja, 57 tukang, 7 kepala tukang, dan 11 mandor; dengan batas tersebut teridentifikasi *overallocation* pada 62 hari dengan tingkat kelebihan yang bervariasi.

5. Selisih Kebutuhan Tenaga Kerja Puncak

Perencanaan proyek merupakan faktor penentu batas maksimum kebutuhan tenaga kerja. Perencanaan yang tidak tepat dapat menyebabkan kelebihan atau kekurangan sumber daya manusia sehingga menurunkan efisiensi proyek (Wu et al., 2023). Puncak tenaga kerja didefinisikan sebagai kondisi ketika kebutuhan pekerja mencapai nilai tertinggi selama pelaksanaan proyek, dan menjadi acuan dalam menetapkan kapasitas maksimum tenaga kerja agar pekerjaan tidak terhambat. Selain itu, kompetensi tenaga kerja turut mempengaruhi batas kebutuhan, karena pekerja yang lebih terampil cenderung menyelesaikan pekerjaan lebih cepat dibandingkan pekerja yang kurang berpengalaman (Hussain et al., 2020). Apabila tenaga kerja aktual lebih rendah dari kebutuhan puncak, proyek berisiko terlambat sebaliknya, kelebihan tenaga kerja memicu pemborosan biaya akibat waktu menganggur. Oleh karena itu, analisis puncak tenaga kerja diperlukan untuk menyusun strategi distribusi yang efisien, misalnya melalui *resource leveling* pada *Software BIM*, guna menyeimbangkan kebutuhan tenaga kerja dengan durasi proyek dan mengurangi fluktuasi. Penelitian ini membandingkan kebutuhan tenaga kerja puncak sebelum dan sesudah proses leveling untuk mengidentifikasi selisihnya.

Berdasarkan *input* yang dilakukan pada *Software BIM*, puncak tenaga kerja sebelum *leveling* mencapai 736,33 orang pekerja yang terjadi pada tanggal 26 dan 27 Februari 2025, 152,40 orang tukang yang terjadi pada 20 Juni 2025, 37,13 orang kepala tukang yang terjadi pada 5 Maret 2025 dan 34,54 orang mandor yang terjadi pada 26 dan 27 Februari 2025. Sementara itu, berdasarkan hasil *leveling* yang dilakukan, puncak tenaga kerja mencapai 280,08 orang pekerja yang terjadi pada tanggal 14 Maret 2025, 133,04 orang tukang yang terjadi pada 14 Maret 2025, 37,05 orang kepala tukang yang terjadi pada 5 Maret 2025 dan 23,72 orang mandor yang terjadi dari tanggal 16 sampai 28 November 2024.

4. KESIMPULAN

Analisis volume dan estimasi biaya menggunakan metode BIM pada pekerjaan struktur dan arsitektur Proyek Konstruksi Gedung Mandiri Area Tasikmalaya menghasilkan Rencana Anggaran Biaya metode BIM sebesar Rp12.206.414.923,98. Harga tersebut mencakup biaya pekerjaan struktur sebesar Rp7.942.452.226,72 dan biaya pekerjaan arsitektur sebesar Rp4.263.962.697,26. Perbandingan perhitungan RAB antara RAB metode konvensional dengan RAB metode BIM secara keseluruhan mendapatkan selisih sebesar Rp1.320.031.168,90 atau 7,14%, untuk pekerjaan struktur mendapatkan selisih sebesar Rp1.129.294.126,46 atau 12,45%, dan untuk pekerjaan arsitektur mendapatkan selisih sebesar Rp190.737.042,44 atau 4,68%. Jika dihitung secara keseluruhan, RAB yang dihasilkan dari BIM memiliki nilai lebih kecil dari RAB metode konvensional, namun jika dihitung berdasarkan jenis pekerjaan, RAB metode BIM pekerjaan struktur memiliki nilai lebih kecil dari RAB metode konvensional dan RAB metode BIM pekerjaan arsitektur memiliki nilai lebih besar dari RAB metode konvensional.

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa *overallocation* tenaga kerja pada Proyek Konstruksi Gedung Mandiri Area Tasikmalaya terjadi karena kebutuhan tenaga kerja pada periode tertentu melebihi kapasitas yang tersedia, yaitu 109,00 orang pekerja, 57,00 orang tukang, 7,00 orang kepala tukang, dan 11,00 orang mandor. Hal ini menyebabkan terjadinya kelebihan tenaga kerja yang cukup signifikan pada banyak waktu pekerjaan. Puncak *overallocation* yang terjadi mencapai 736,33 orang pekerja yang terjadi pada tanggal 26 dan 27 Februari 2025, 152,40 orang tukang yang terjadi pada 20 Juni 2025, 37,13 orang kepala tukang yang terjadi pada 5 Maret 2025 dan 34,54 orang mandor yang terjadi pada 26 dan 27 Februari 2025. Perbandingan kebutuhan tenaga kerja puncak antara alokasi sumber daya manusia sebelum *leveling* dengan alokasi sesudah *leveling* menghasilkan selisih tenaga kerja puncak sebanyak 470,25 orang pekerja, 19,36 orang tukang, 0,08 orang kepala tukang dan 10,82. Walaupun sudah dilakukan *leveling*, jumlah tersebut masih melebihi batas tenaga kerja maksimal menurut metode analitis, oleh karena itu, penambahan tenaga kerja perlu dilakukan supaya pekerjaan masih tetap bisa dilaksanakan sesuai dengan rencana penjadwalan.

5. REFERENSI

- Adianto, Y. L. D., & Putro, D. L. (2019). Analisis Resources Leveling Tenaga Kerja. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 113–126. <https://doi.org/10.28932/jts.v3i2.1283>
- Dai, G., Liao, M., & Zhang, R. (2023). Resource Levelling in Repetitive Construction Projects With Interruptions: an Integrated Approach. *Journal of Civil Engineering and Management*, 29(2), 93–106. <https://doi.org/10.3846/jcem.2023.17568>
- Fitriono, F., Haza, Z. F., & Shulhan, M. A. (2023). Analisis Perbandingan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Metode Konvensional Dengan Metode Building Information Modeling (BIM) (Studi Kasus Gedung 3 Lantai Di Yogyakarta).

Surya Beton : *Jurnal Ilmu Teknik Sipil*, 7(1), 13–24. <https://doi.org/10.37729/suryabeton.v7i1.3031>

Gouda Mohamed, A., Alqahtani, F. K., Ismail, E. R., & Nabawy, M. (2024). Synergizing BIM and Value Engineering in the Construction of Residential Projects: A Novel Integration Framework. *Buildings*, 14(8), 1–23. <https://doi.org/10.3390/buildings14082515>

Heston, Y. P., Wulandari, M., Mahida, M., Pengajar, S., Teknik, P., Bangunan, K., Penulangan, Q. T., & Konstruksi, E. (2025). Analisis Perbandingan Efisiensi Perangkat Lunak Bim Autodesk Revit Dan Cubicost Dalam Quantity Takeoff Penulangan. *Orbith*, 21(2), 76–88. <https://doi.org/10.32497/orbith.v21i2.6861>

Hussain, S., Xuetong, W., & Hussain, T. (2020). Impact of Skilled and Unskilled Labor on Project Performance Using Structural Equation Modeling Approach. *SAGE Open*, 10(1). <https://doi.org/10.1177/2158244020914590>

Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2023). *Regulation of the Minister of Public Works and Public Housing of the Republic of Indonesia. Guidelines for Preparing Cost Estimation of Construction Works in the Field of Public Works and Public Housing* (Issue 683).

Noviani, S. A., & Rachma, I. N. (2025). Analisis Faktor Penyebab Waste dalam Pendekatan Lean Construction pada Beberapa Kontraktor. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 6(2), 62–68. <https://doi.org/10.37058/aks.v6i2.14239>

Pratama, I. S., Saily, R., Jusi, U., Lyona, V., & Kurniyaningrum, E. (2025). Studi Perhitungan Volume Galian Dengan Aplikasi Pemetaan Pada Kegiatan Modernisasi Jaringan Irigasi Study of Excavation Volume Calculation Using Mapping Application in Irrigation Network Modernization Activities. *Journal of Civil Engineering and Planning*, 6, 178–187. <https://doi.org/10.37253/jcep.v6i2.10900>

Servanty, I. A., Putra, I. N. D. P., & Soetanto, R. (2025). A comparison allocation of labor qualification on real, plan, and regulation calculation using resource-leveling method. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v9i1.10273>

Tan, A., Sadalia, I., & Wibowo, R. P. (2023). *The Efficiency of Project Planning in IT Service Provider Using Traditional Methods, and CPM*. Atlantis Press International BV. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-008-4_144

Věrný, L., & Žák, J. (2025). A Cost–Benefit Analysis of BIM Methodology Implementation in the Preparation and Construction Phase of Public Sector Projects. *Buildings*, 15(21). <https://doi.org/10.3390/buildings15213837>

Wu, W., Ji, Z., & Liang, H. (2023). The Impact of New infrastructure Construction on Optimization and Upgrading of Industrial Structure. *Buildings*, 13(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/buildings13102580>