

PENGGUNAAN AHP UNTUK PEMILIHAN METODE PERENCANAAN ANTARA KONVENSIONAL DENGAN BIM PADA REDESIGN PROYEK KONSTRUKSI

Iwan Supriyadi¹, Aland Hasbi²

¹ Dosen, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424

² Mahasiswa D-4 TPJJ/JT, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok 16424
Iwansup@yahoo.com, hasbialand@gmail.com

ABSTRACT

During the construction projects, delays usually happen which are mainly caused by reworks, where 60% of reworks are caused by design failure. Since designs have a major impact on construction projects, there are methods to correctly create a design. Three methods of planning that can be done are conventional, semi-conventional, and BIM methods. The three methods have both advantages and disadvantages. Decision making for method selection for redesigning is very crucial to avoid delays to a project. The three main criteria in method selection are cost, time, and system. This research was done to decide the main criteria, sub-criteria, and an alternative in decision making of method selection for redesigning through the use of AHP (Analytical Hierarchy Process) and analyze conditions on the field with the result of AHP analysis. The result showed that cost was the main criterion with a weight of 0.40 and the sub-criterion for the cost was the HR training cost with a global weight of 0.21. Alternative planning method selected was the BIM method with a global weight of 0.66. The result of field analysis showed that BIM planning method was 60.4% faster than the conventional method with an increase of training cost by 62.5%. The conclusion of this research was that BIM planning method was more efficient than conventional and semi-conventional planning in the process of re-design.

Key words: Re-design, Conventional, BIM, AHP

ABSTRAK

Pada pelaksanaan proyek konstruksi, keterlambatan dengan rework menjadi penyebab utama dimana 60% penyebab Rework disebabkan oleh kesalahan desain. Besarnya dampak desain pada proyek konstruksi maka berbagai cara dilakukan untuk menyelesaikan proses desain dengan tepat. Tiga metode perencanaan yang dapat dilakukan yaitu Metode Konvensional, Metode Semi Konvensional, dan Metode BIM. Ketiga metode perencanaan tersebut sama-sama memiliki kelebihan dan kekurangan. Pengambilan keputusan saat pemilihan metode perencanaan pada pekerjaan re-design sangat krusial dalam mengurangi keterlambatan proyek. Banyaknya variabel dan kurangnya kriteria obyektif menyulitkan proses pemilihan metode perencanaan re-design. Tiga kriteria utama dalam proses pengambilan keputusan dalam pemilihan metode perencanaan re-design yaitu biaya, waktu, sistem. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kriteria utama, subkriteria dan alternatif dalam penentuan pengambilan keputusan dalam pemilihan metode perencanaan re-design dengan menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process) dan menganalisa kondisi di lapangan dengan hasil analisis AHP. Hasil penelitian menunjukkan biaya menjadi kriteria utama dengan bobot sebesar 0.40 dan subkriteria yang terpilih adalah biaya pelatihan SDM dengan bobot global sebesar 0.21. Alternatif metode perencanaan yang dipilih adalah metode perencanaan BIM dengan bobot global sebesar 0.66. Hasil analisis lapangan juga menunjukkan bahwa metode perencanaan BIM lebih cepat 60.4% dari metode perencanaan konvensional dengan peningkatan biaya pelatihan sebesar 62.5%. Simpulan dari penelitian ini adalah Metode Perencanaan BIM lebih efisien daripada Perencanaan Konvensional maupun semi-konvensional dalam pekerjaan re-design.

Kata kunci : Re-design, Konvensional, BIM, AHP

PENDAHULUAN

Pada pelaksanaan proyek konstruksi, keterlambatan proyek dapat menyebabkan berbagai bentuk kerugian bagi penyedia jasa dan pengguna jasa [1]

Penyebab utama keterlambatan proyek konstruksi adalah *Rework*. *Rework* merupakan salah satu kontributor utama pada pembengkakan biaya dan keterlambatan proyek [2] serta menurut penelitian [3] banyaknya pemangku kepentingan dalam proyek yang salah karena terlambat dalam pengambilan keputusan yang disebabkan oleh lamanya alur informasi antar pemangku kepentingan saling bertukar informasi.

Dalam penelitian sebelumnya [4] terhadap 26 kontraktor dan 20 konsultan menyebutkan 60% penyebab utama keterlambatan proyek karena faktor desain, seperti kesalahan, buruknya koordinasi, dan perubahan desain. Salah satu proyek yang terkendala *rework* adalah Proyek Strategis Negara (PSN) Jalan Tol Cibitung – cilincing Seksi 2. Proyek yang dijadwalkan rampung awal tahun 2019 tertunda akibat perubahan desain dari *at-grade* menjadi *full-slab*. Selain berdampak terhadap waktu, proyek ini juga mengalami kenaikan biaya dari Rp 4,22 Triliun menjadi Rp 10,80 Triliun (detik.finance.com,2018).

Berbagai metode *design* digunakan seperti penggunaan *software* konvensional seperti Autocad, SAP, Ms.Project. Namun, menurut penelitian [5] pemakaian *software* konvensional dua kali lebih lama dari *software* yang saling terintegrasi dalam sistem BIM (Building Information Modeling) dengan kecepatan metode BIM 52,25% lebih cepat. [6] Konsep BIM membayangkan konstruksi virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah, dan menganalisis dampak potensial.

Metode perencanaan untuk pekerjaan re-design atau perubahan desain baik itu dengan metode konvensional, semi-konvensional maupun metode BIM sama-sama memiliki kelebihan dan kekurangan. Pemilihan antara 3 pilihan metode tersebut tidak terlepas dari pengambilan keputusan yang berdasarkan analisa baik dari segi biaya, waktu maupun sistem yang akan diterapkan sehingga mempengaruhi proyek konstruksi tersebut. Pengambilan keputusan merupakan hal penting untuk keberhasilan sebuah proyek konstruksi, begitu juga dalam pengambilan keputusan dalam pemilihan metode perencanaan *re-design* yang sangat berpengaruh terhadap waktu pengerjaan konstruksi [7]. Sehingga pengambilan keputusan saat pemilihan metode perencanaan pada pekerjaan *re-design* antara metode konvensional, semi konvensional dan metode BIM sangat krusial dalam mengurangi keterlambatan proyek. Banyaknya variabel dan kelebihan serta kekurangan masing-masing metode sehingga menyulitkan bagi pelaku konstruksi memilih metode perencanaan yang efisien, maka metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

Metode analisis AHP merupakan metode analisis yang digunakan untuk memperoleh sekala rasio dari pasangan yang berlainan maupun perbandingan pasangan yang terus menerus di dalam struktur hirarki bertingkat. Menurut penelitian [8] metode AHP adalah metode yang paling mudah digunakan untuk memahami masalah yang kompleks yang diuraikan kedalam elemen-elemen yang berhubungan. Menurut penelitian [9] AHP mengikuti cara alami atau *default* dari pemikiran manusia untuk menguraikan masalah-masalah besar yang tidak terstruktur menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih bisa diatur. Karakteristik ini yang membuat AHP menjadi sangat serbaguna dan

mudah beradaptasi sehingga memungkinkan kita untuk mengerti lebih dalam dan memecahkan beragam macam masalah dari berbagai bidang disiplin. Secara umum AHP adalah suatu kerangka nonlinear untuk mengeksekusi baik pemikiran deduktif dan induktif tanpa menggunakan silogisme. Hal ini memungkinkan mengambil beberapa faktor dalam pertimbangan dengan bersamaan, memungkinkan pembuatan hubungan ketergantungan dan umpan balik serta pembuatan timbal balik dalam bentuk angka pada tiruan atau kesimpulan [10].

Tujuan dari kegiatan penelitian ini adalah untuk menentukan hasil analisis AHP terhadap perbandingan metode perencanaan *re-design* di Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing Seksi II.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode analisis AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dengan proses pemungutan suara (kuesioner) yang dilakukan di *site* Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing Seksi II serta Departemen BIM Divisi VII PT. Waskita Karya (Persero) Tbk. yang melibatkan Kepala Teknik *site*, Staf Teknik *site*, BIM Expert, BIM Engineer, dan konsultan perencana dimana pemilihan responden tersebut didasarkan atas pengalaman responden dalam pengambilan keputusan.

Analisis AHP dimulai dengan pendefinisian kriteria dan sub-kriteria yang berpengaruh untuk proses *re-design* di Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing Seksi II serta pembuatan hirarki sehingga didapatkan alternatif metode perencanaan *re-design* berupa Metode Perencanaan Konvensional, Metode Perencanaan Semi-

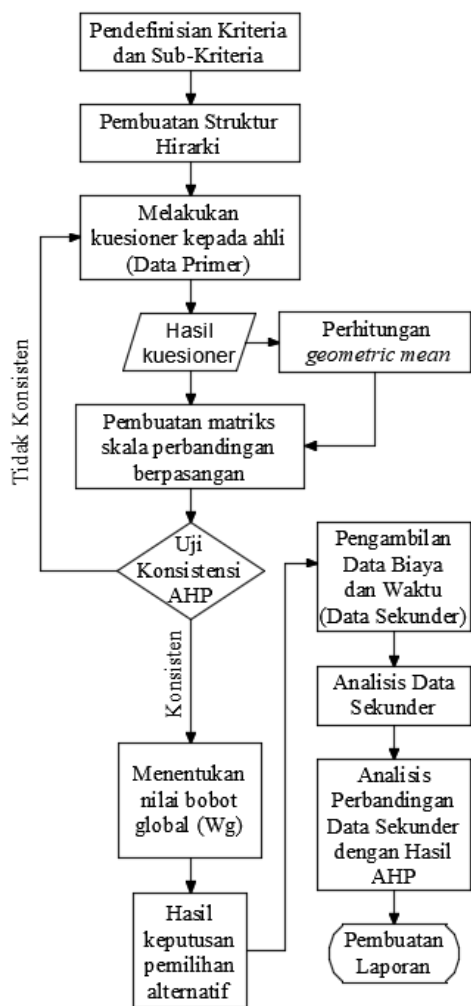
Konvensional, dan Metode Perencanaan BIM.

Penelitian ini juga menggunakan data sekunder biaya berupa biaya *software*, *hardware*, dan pelatihan SDM serta data waktu berupa waktu pelatihan SDM dan waktu *re-design* sehingga data sekunder yang telah didapatkan bisa dianalisis dan dibandingkan dengan hasil pemilihan alternatif dari analisis AHP. Perbandingan data AHP dan data sekunder didapatkan prioritas alternatif, prioritas kriteria utama, dan sub-kriteria utama.

Tahapan pekerjaan dan proses analisa dari metode AHP ini dimulai dengan pendefinisian kriteria dan sub-kriteria sebagai perincian pemecahan masalah. Selanjutnya membuat struktur hirarki yang diperoleh dari informasi berdasarkan sudut pandang yang menyeluruh, dari tingkatan puncak hirarki hingga tingkatan dimana campur tangan untuk memecahkan persoalan yang diinginkan dapat dilakukan. Setelah proses pembuatan hirarki dilanjutkan dengan pengumpulan data primer dengan melakukan kuisisioner kepada ahli¹. Penganalisisan data primer berupa hasil kuisisioner dilakukan dengan perhitungan *geometric mean* hingga pengujian konsistensi AHP dan pengujian konsistensi hirarki untuk menentukan nilai bobot alternatif serta peringkat kriteria dan sub-kriteria.

¹ Kepala Teknik *site* Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing, Staf Teknik *site* Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing, BIM Expert, BIM Engineer

PT. Waskita Karya Divisi VII, dan Konsultan Perencana



Gambar 1. Alur Kerja Kegiatan

Penelitian ini juga menganalisis hasil perbandingan biaya dan waktu penggunaan metode *re-design* BIM dan konvensional di Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing Seksi II serta menganalisis hasil dari kuisisioner AHP dengan hasil.

HASIL dan PEMBAHASAN

Pada kuisisioner AHP ada tiga kriteria utama, serta sembilan sub-kriteria serta tiga alternatif untuk pemilihan metode *re-design* yang didapatkan dari studi literatur, kemudian dibuat struktur hirarki seperti Gambar 2 pada lampiran. Struktur hirarki tersebut dibuat dari kriteria dan sub-kriteria yang terdapat pada Tabel 1, lalu disebar ke tujuh responden.

Tabel 1. Kriteria dan Sub Kriteria Analisis AHP

No	Kriteria	Sub-Kriteria
1	Biaya	Software
2	Biaya	Hardware
3	Biaya	Pelatihan SDM
4	Waktu	Waktu Pelatihan SDM
5	Waktu	Waktu Re-design
6	Waktu	Waktu Pertukaran Informasi
7	Sistem	Sistem Organisasi Dokumen
8	Sistem	Sistem Pelatihan
9	Sistem	Sistem Database

Hasil dari kuisisioner oleh responden ahli berupa perbandingan berpasangan antar kriteria, sub-kriteria, dan alternatif dalam bentuk angka skala prioritas dari 1 sampai 9. Skala prioritas tersebut diolah menjadi matriks perbandingan berpasangan level kriteria (level 1) dari kuisisioner dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Matriks Perbandingan Berpasangan Level Kriteria

	Biaya	Waktu	Sistem
Biaya	1.00	0.33	5.00
Waktu	3.00	1.00	6.00
Sistem	0.20	0.17	1.00

Hasil dari penilaian kuisisioner yang diisi oleh responden, kemudian dicari satu nilai untuk satu matriks perbandingan berpasangan dengan menggunakan *Geometric Mean* seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil *Geometric Mean* Biaya terhadap Waktu

Responden	Hasil Kriteria Biaya-Waktu
1	0.33
2	8
3	0.33
4	7
5	0.25
6	1
7	0.50
<i>Geometric Mean</i>	0.96

Hasil penilaian ketujuh responden untuk perbandingan berpasangan Biaya-Waktu adalah : R1 = 0.33, R2 = 8, R3 = 0.33, R4 = 7, R5 = 0.25, R6 = 0.05, R7 = 0.05 dimana :

$$R1 = 1/3 = 0.33$$

$$R3 = 1/3 = 0.33$$

$$R5 = 1/4 = 0.25$$

$$R7 = 1/2 = 0.50$$

Dari ketujuh data tersebut kemudian dicari rata-rata geometriknya yang terdapat pada Tabel 4 dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Geometric Mean} &= (0.33 \times 8 \times 0.33 \times 7 \times 0.2 \times 1 \\ &\quad \times 0.5)^{1/7} \\ &= 0.96 \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil *Geometric Mean* Antar Kriteria

	Biaya	Waktu	Sistem
Biaya	1.00	0.96	1.89
Waktu	1.04	1.00	1.43
Sistem	0.53	0.70	1.00

Selanjutnya, melakukan perhitungan *Gometric Mean* terhadap pasangan lain. Setelah mendapatkan perataan jawaban dengan *Geometric Mean Theory*

selanjutnya dilakukan penjumlahan pada setiap kolom seperti pada Tabel 5 yang digunakan untuk pengujian berikutnya yaitu konsistensi matriks.

Tabel 5. Penjumlahan Tiap Kolom Pada Perbandingan Berpasangan Kriteria

	Biaya	Waktu	Sistem
Biaya	1.00	0.96	1.89
Waktu	1.04	1.00	1.43
Sistem	0.53	0.70	1.00
Jumlah	2.56	2.67	4.32

Selanjutnya, dilakukan normalisasi matriks dengan cara membagi angka di dalam setiap sel dengan jumlah angka pada kolom yang bersangkutan seperti contoh berikut :

$$\text{Perbandingan Biaya terhadap Waktu} = 0.96$$

$$\text{Penjumlahan Kolom Waktu} = 0.96 + 1.00 + 0.70 = 2.67$$

$$\text{Normalisasi Biaya terhadap Waktu} = 0.96/2.67 = 0.36$$

Dari matriks yang telah dinormalkan dapat dihitung bobot prioritas (W) dari masing masing kriteria dengan cara membagi hasil penjumlahan bobot pada salah satu alternative (jumlah angka pada baris horizontal) dengan jumlah dari elemen yang dibobotkan (N) , yaitu 3 terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Normalisasi Bobot Penilaian Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria

	Biaya	Waktu	Sistem	Jumlah	W
Biaya	0.39	0.36	0.44	1.19	0.40
Waktu	0.40	0.38	0.33	1.11	0.37
Sistem	0.21	0.26	0.23	0.70	0.23
Jumlah	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00

Contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai W adalah sebagai berikut :

Jumlah horizontal biaya = 1.19

Jumlah elemen yang dibobotkan (N) = 3

Bobot Prioritas (W) = $1.19/3$
 = 0.40

Setelah mendapatkan W yang dapat di lihat pada Tabel 5.17 maka dilanjutkan dengan perhitungan Consistency Ratio (CR). Apabila Consistency Ratio (CR) $\leq 10\%$ maka matriks telah memenuhi syarat konsistensi [10].

Langkah pertama untuk melakukan uji konsistensi adalah dengan mengalikan nilai pada matriks dengan nilai Vektor Prioritas (W) yang telah didapat pada Tabel 6 sesuai dengan perkalian matriks untuk mendapatkan nilai BW.

Hasil Perhitungan ini dapat dilihat seperti berikut :

$$\begin{bmatrix} 1.00 & 0.96 & 1.89 \\ 1.04 & 1.00 & 1.43 \\ 0.53 & 0.70 & 1.00 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.40 \\ 0.37 \\ 0.23 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.20 \\ 1.11 \\ 0.70 \end{bmatrix}$$

Dari hasil perhitungan, masing-masing baris pada BW dibagi dengan nilai W untuk menentukan harga λ , pembagian tersebut adalah seperti pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7. Perhitungan Matriks untuk Memperoleh Nilai BW

Priority Vector (W)	BW	λ
0.40	1.20	3.01
0.37	1.11	3.01
0.23	0.70	3.01

Kemudian menghitung nilai rata-rata dari hasil perhitungan diatas dengan cara sebagai berikut :

$$\lambda_{max} = \frac{\text{Pembjumlahan } \lambda \text{ dari matriks}}{N}$$

$$\lambda_{max} = \frac{3.01 + 3.01 + 3.01}{3}$$

$$\lambda_{max} = 3.01$$

Dengan nilai konversi, nilai diatas tersebut sebagai nilai λ_{max} dan Consistency Index (CI) dihitung dengan mengikuti rumus berikut ini :

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$= \frac{3.01 - 3}{3 - 1}$$

$$= 0,01$$

Untuk mendapatkan nilai Consistency Ratio (CR), dilakukan pembagian Consistency Index (CI) dengan Random Index (RI), untuk matriks 3 x 3 RI yang digunakan adalah 0.52 seperti yang ada pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 8. Nilai Random Index

Orde Matriks	Random Index
1	0,00
2	0,00
3	0,52
4	0,89
5	1,11
6	1,25
7	1,35
8	1,40
9	1,45
10	1,49

Nilai CR dapat di ditentukan dengan persamaan seperti berikut :

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$= \frac{0.01}{0.52}$$

$$CR = 0,01$$

Nilai konsistensi 0.01 atau sama dengan 1% dapat diterima karena lebih kecil dari 10% dan sesuai dengan syarat konsisten [10]. Langkah yang sama digunakan untuk menghitung CR pada kriteria dan sub kriteria. Hasil Perhitungan diperoleh pada Tabel 9 dan 10 sebagai berikut :

Tabel 9. Perhitungan *Consistency Index*, *Consistency Ratio* dan Pembobotan dari setiap Kriteria

Faktor	CI	RI	CR	Kriteria	Bobot
Faktor Kriteria	0.01	0.52	0.01	Biaya	0.40
				Waktu	0.37
				Sistem	0.23

Tabel 10. Perhitungan *Consistency Index*, *Consistency Ratio* dan Pembobotan dari setiap Sub Kriteria

Faktor	CI	RI	CR	Sub Kriteria	Bobot
Biaya	0.004	0.52	0.008	Software	0.27
				Hardware	0.21
				Pelatihan SDM	0.52
Waktu	0.0073	0.52	0.014	Waktu Pelatihan SDM	0.23
				Waktu Re-Design	0.43
				Waktu Pertukaran Informasi	0.34
Sistem	0.0017	0.52	0.003	Sistem Organisasi Dokumen	0.29
				Sistem Pelatihan	0.22
				Sistem Database	0.49

Dari data Tabel 9 dan 10 di atas dapat diketahui bahwa seluruh data memiliki nilai CR dibawah 0.10 atau 10%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh data telah konsisten dan dapat dianalisa lebih lanjut.

Setelah melakukan pengujian konsistensi matriks perbandingan maka pengujian yang dilakukan pada tahapan selanjutnya adalah pengujian konsistensi hirarki atau disebut dengan *Consistency Ratio Hierarchy* (CRH), menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CRH = \frac{CIH}{RIH}$$

Prinsipnya adalah dengan mengalikan semua nilai *Consistency Index* (CI) dengan bobot suatu kriteria yang menjadi acuan pada suatu matriks perbandingan berpasangan dan kemudian menjumlahkannya berikut nilai CIH terdapat pada Tabel 11 dan RIH yang terdapat pada Tabel 12.

Tabel 11. Perhitungan *Consistency Index of Hierarchy* (CIH)

	CI	Bobot Alternatif	CIH
Kriteria Utama	0.01	1.00	0.006
Biaya	0.04	0.40	0.002
Waktu	0.0073	0.37	0.003
Sistem	0.0017	0.23	0.000
Jumlah			0.010

Tabel 12. Perhitungan *Random Index of Hierarchy* (RIH)

	RI	Bobot Alternatif	RIH
Kriteria Utama	0.52	1.00	0.52
Biaya	0.52	0.40	0.21
Waktu	0.52	0.37	0.19
Sistem	0.52	0.23	0.12
Jumlah			1.04

Langkah selanjutnya adalah membagi nilai dari total penjumlahan dari CIH dengan total penjumlahan RIH. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$CRH = \frac{CIH}{RIH}$$

$$CRH = \frac{0.010}{1.04}$$

$$CRH = 0.01$$

$$CRH = 0.01 \leq 10\% = OK$$

Nilai Consistency Ratio of Hierarchy (CRH) sebesar 0.01 lebih kecil dari 0.1 maka dapat dikatakan bahwa hirarki yang dibuat telah konsisten karena sesuai dengan syarat [10].

Tahap terakhir adalah menghitung bobot prioritas pemilihan alternatif, yang juga dihitung bobot lokal dan bobot globalnya, yang merupakan perkalian antara bobot lokal dengan bobot yang ada di level atasnya seperti pada Tabel 13 berikut ini :

Tabel 13. Hasil perhitungan bobot prioritas pemilihan alternatif

Sub Kriteria	Wg Sub Kriteria	W Alternatif		
		Konvensional	Semi Konvensional	BIM
Software	0.11	0.12	0.26	0.62
Hardware	0.08	0.09	0.25	0.66
Pelatihan SDM	0.21	0.09	0.28	0.63
Waktu Pelatihan SDM	0.09	0.16	0.22	0.62
Waktu Re-Design	0.16	0.09	0.22	0.69
Waktu Pertukaran Informasi	0.12	0.10	0.25	0.64
Sistem Organisasi Dokumen	0.07	0.07	0.25	0.68
Sistem Pelatihan	0.05	0.09	0.23	0.67
Sistem Database	0.11	0.07	0.21	0.71

Untuk mendapatkan bobot alternatif, kalikan bobot global dengan nilai masing-masing alternatif, sehingga diperoleh pada Tabel 14 berikut:

Tabel 14. Bobot Global Alternatif

Wg Sub Kriteria	Wg Alternatif
-----------------	---------------

		Konvensional	Semi Konvensional	BIM	
Biaya	Software	0.11	0.01	0.03	0.07
	Hardware	0.08	0.01	0.02	0.05
Pelatihan SDM	Pelatihan SDM	0.21	0.02	0.06	0.13
	Waktu Pelatihan	0.09	0.01	0.02	0.05
Waktu	Waktu Re-Design	0.16	0.01	0.04	0.11
	Waktu Pertukaran	0.12	0.01	0.03	0.08
Sistem	Sistem Organisasi	0.07	0.01	0.02	0.05
	Sistem Pelatihan	0.05	0.00	0.01	0.03
Sistem Database	Sistem Database	0.11	0.01	0.02	0.08
	Jumlah Urutan Prioritas	3	2	1	

Secara global prioritas pemilihan metode perencanaan *re-design* adalah Metode Perencanaan BIM dengan bobot global 0.66, kriteria yang menjadi prioritas adalah kriteria Biaya dengan bobot

global 0.40, dan sub-kriteria yang menjadi prioritas adalah sub-kriteria Pelatihan SDM dengan bobot global 0.21.

Hasil analisis biaya dan waktu di lapangan, Proyek Jalan Tol Cibitung-Cilincing Seksi II, metode konvensional dilakukan oleh tim teknik *site* dan metode BIM dilakukan oleh tim BIM engineer kantor pusat. Data yang ada di lapangan ditunjukkan pada Tabel 15 untuk biaya konvensional, Tabel 16 untuk waktu konvensional, Tabel 17 biaya BIM, dan Table 18 untuk waktu BIM seperti berikut :

Tabel 15. Kalkulasi Biaya Metode Perencanaan Konvensional

No	Uraian	Harga
1	Biaya Software	Rp 38.600.000
2	Biaya Hardware	Rp 174.000.000
3	Biaya Pelatihan SDM	Rp 30.000.000
	Jumlah	Rp 242.000.000

Tabel 16. Kalkulasi Waktu Metode Perencanaan Konvensional

No	Uraian	Waktu
1	Waktu Pelatihan SDM	7 Hari
2	Waktu <i>Re-Design</i>	180 Hari
	Jumlah	187 Hari

Tabel 17. Kalkulasi Biaya Metode Perencanaan BIM

No	Uraian	Harga
1	Biaya Software	Rp 91.900.000
2	Biaya Hardware	Rp 360.000.000
3	Biaya Pelatihan SDM	Rp 80.000.000

Jumlah	Rp 531.900.000
--------	----------------

Tabel 18. Kalkulasi Waktu Metode Perencanaan BIM

No	Uraian	Waktu
1	Waktu Pelatihan SDM	14 Hari
2	Waktu <i>Re-Design</i>	60 Hari
	Jumlah	74 Hari

Dari analisis perbandingan antar kriteria diatas diperoleh untuk pekerjaan re-design dari segi biaya metode perencanaan BIM lebih mahal 54.5% dari metode perencanaan konvensional, namun dari segi waktu metode perencanaan BIM lebih cepat menyelesaikan pekerjaan re-design hingga 60.4%, dengan rincian biaya software metode perencanaan BIM lebih mahal 59% dari metode perencanaan konvensional, biaya hardware metode perencanaan BIM lebih mahal 51.6%, serta biaya pelatihan SDM metode perencanaan BIM 62.5% lebih mahal dari metode perencanaan konvensional.

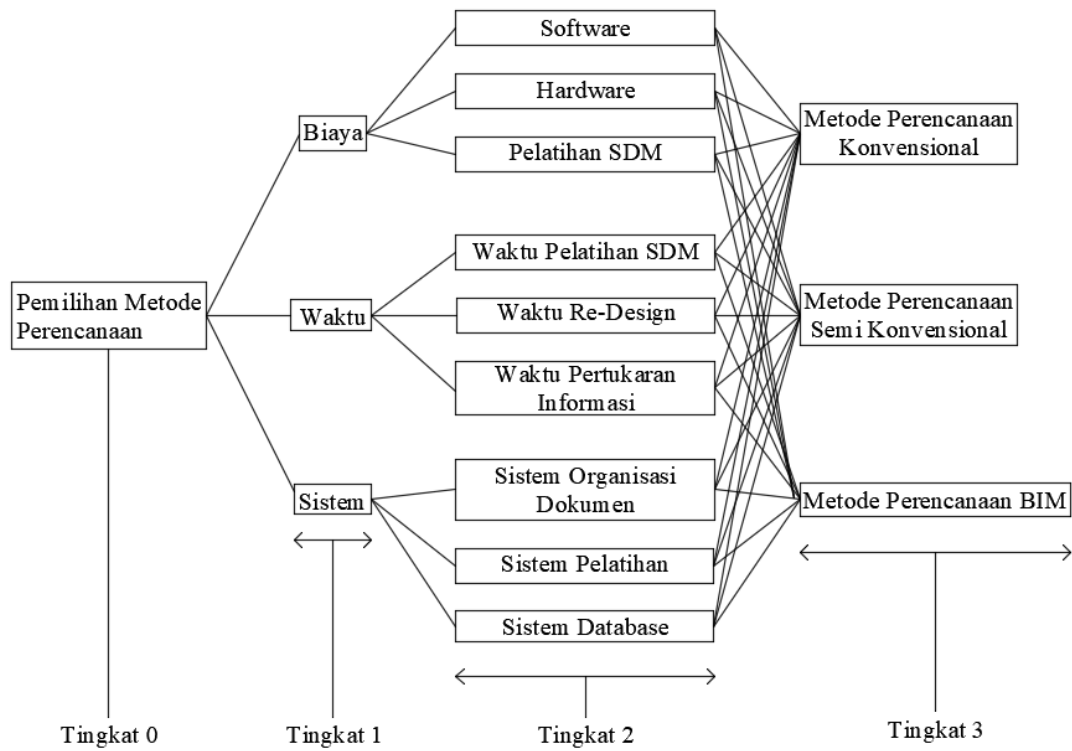
KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari analisis AHP menyatakan Metode Perencanaan BIM sebagai alternatif yang dipilih ternyata lebih efektif daripada metode perencanaan konvensional, maupun semi-konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. M. Sudarsono, O. Christie dan Andi, "Analisis frekuensi, dampak, dan jenis keterlambatan

- pada proyek konstruksi,” pp. 1-8, 2004.
- [2] S. Winata dan Y. Hardalim, Faktor-Faktor Penyebab Rework pada Pekerjaan Konstruksi, *Civil Engineering Dimension*, 2009, pp. 22-29.
- [3] A. Bradley, H. Li, R. Lark dan S. Dunn, “BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective,” *Automation in Construction*, vol. 71, pp. 139-152, 2016.
- [4] Hatmoko, Jati Utomo; Dwi Fundra, Yulian; Wibowo, Mochamad Agung; Zhabrinna, “Investigating Building Information Modelling (BIM) Adoption in Indonesia Construction Industry,” *MATEC Web of Conferences*, vol. 258, p. 02006, 2019.
- [5] C. A. Berlian , R. P. Adhi, A. Hidayat dan H. Nugroho, “Perbandingan Efisiensi Waktu, Biaya, Dan Sumber Daya Manusia Antara Metode Building Information Modelling (BIM) dan Konvensional (Studi Kasus: Perencanaan Gedung 20 Lantai),” *Jurnal Karya Teknik Sipil*, p. 220–229, 2016.
- [6] D. Smith, “Building Information Modeling (BIM) Approaches to Transforming the Construction Industry,” *AIA*, p. 2, 2009.
- [7] I. Ismael, “Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab dan Tindakan Pencegahannya,” *Jurnal Momentum*, pp. 46-56, 2013.
- [8] S. Suciati, “Analisa Kelaikan Fungsi Jalan Berdasarkan Pendekatan Kuantitatif Ahp,” *Teknik Sipil Siklus*, vol. 3, pp. 3-4, 2017.
- [9] E. Gonzalez, “An AHP-based Approach to Prioritizing,” *Center for Transportation Research*, p. 18, 2012.
- [10] T. L. Saaty dan G. L. Vargas, *Model, Methods, Concepts & Application on The Analitic Hierarchy Process*, Philadelphia: Springer, 2012.



Gambar 2. Struktur Hirarki