

Analisis Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*, *Pile Cap* Serta *Secant Pile* Berbasis *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*) Pada Proyek Bangunan *Basement* 5 Lapis

Divy Wira Agusma¹, Albert Eddy Husin^{1,*}

Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, DKI Jakarta¹

Koresponden*, Email: albert_eddy@mercubuana.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	25 Mei 2021	<i>Especially for the DKI Jakarta province, basement is a substructure work that is very much needed in high-rise residences due to the limited land available, during the basement construction process, especially basement 5 work, rework and delays may occur. Many factors affect the occurrence of rework and delays in the work of boring pile foundations, secant piles and pile caps for the 5-layer basement project, the AHP (Analytic Hierarchy Process) simulation method using expert choice software can determine the factors that affect the work rework and delays in foundation work for boring piles, secant piles and pile caps for the 5-layer basement project. This research methodology consists of 3 stages including literature study and initial survey, the second stage is collecting data, then the third stage is conclusion analysis. After applying the AHP (Analytic Hierarchy Process) simulation method using expert-chosen software, it is known that the most dominant factor in influencing the occurrence of work (rework) and delays in the work of boring pile foundations, secant piles and pile caps for the 5-layer basement project is the field team design knowledge of 1.20 %, the non-dominant factor is 1.60% inspection.</i>
Diperbaiki	21 Juli 2021	
Disetujui	21 Juli 2021	

Keywords: high rise building, basement, rework, schedule delay, AHP Method

Kata kunci: gedung bertingkat tinggi, *basement*, pekerjaan ulang, keterlambatan, metode AHP

Khusus Provinsi DKI Jakarta *basement* merupakan pekerjaan struktur bawah yang sangat dibutuhkan pada hunian bertingkat tinggi dikarenakan keterbatasan lahan yang tersedia, selama proses konstruksi *basement* khususnya pekerjaan *basement* 5 lapis akan berpotensi terjadi pekerjaan ulang (*rework*) serta keterlambatan. Banyak factor-faktor yang mempengaruhi terjadinya pekerjaan ulang (*rework*) serta keterlambatan pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* serta *secant pile* proyek *basement* 5 lapis, metode simulasi AHP (*Analytic Hierarchy Process*) menggunakan *software expert choice* dapat mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi pekerjaan ulang (*rework*) serta keterlambatan pada pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* serta *secant pile* proyek *basement* 5 lapis. Metodologi penelitian ini terdiri dari 3 tahap diantaranya studi pustaka serta survei awal, tahap kedua melakukan pengumpulan data, kemudian tahap ketiga adalah analisis kesimpulan. Setelah mengaplikasikan metode simulasi AHP (*Analytic Hierarchy Process*) menggunakan *software expert choice* diketahui Faktor paling dominan dalam mempengaruhi terjadinya pekerjaan ulang x serta keterlambatan pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* serta *secant pile* proyek *basement* 5 lapis adalah pengetahuan desain tim lapangan sebesar 12,20 %, faktor yang tidak dominan adalah sistim inspeksi sebesar 1,60 %.

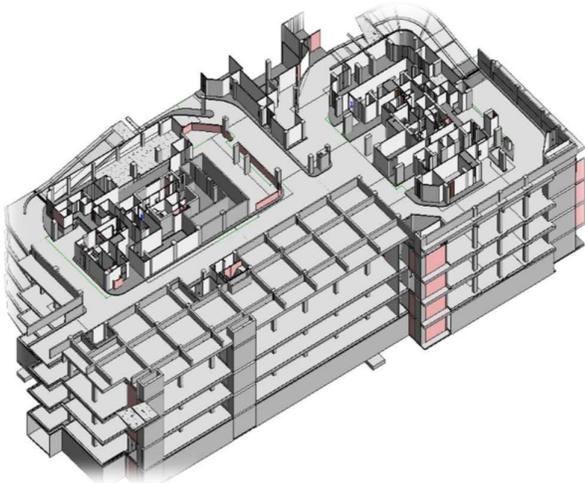
1. Pendahuluan

Melihat berbagai fasilitas yang terdapat pada konsep apartemen, sehingga dapat menciptakan suatu kawasan yang mandiri, nyaman, dan mempunyai privasi tinggi dimana sangat ideal untuk para masyarakat yang tinggal di kota-kota besar seperti Jakarta.

Terkait dengan jumlah perkantoran di area Jakarta Pusat, berdampak terhadap kebutuhan hunian bertingkat tinggi yang terus meningkat pada daerah tersebut, sehingga penelitian berkaitan dengan hunian bertingkat tinggi apartemen untuk menganalisis kinerja biaya serta waktu dengan studi kasus sangat penting dilakukan, dengan harapan dapat berkontribusi terhadap dunia akademisi maupun praktisi.

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada di bawah permukaan tanah. Struktur bawah tanah atau *basement* sering dijumpai pada gedung – gedung bertingkat dengan kapasitas yang besar agar dibangunnya *basement*. *Basement* berfungsi sebagai lahan parkir, Fasilitas atau kebutuhan item *mechanical electrical* serta *plumbing* dan lain - lain. *Basement* dapat mengurangi kebutuhan lahan. Dengan penelitian penulis yang mengarah terhadap pembangunan hunian bertingkat tinggi apartemen yang mencapai 50 lantai maka hal tersebut juga berdampak terhadap kebutuhan ruangan *mechanical*, *electrical*, *plumbing* serta parkir tanpa melanggar peraturan Pemerintah Daerah Ibukota Jakarta.

Untuk melihat ilustrasi pembangunan *Basement 5* lapis dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **2**.



Gambar 1. Gambar 3 Dimensi Pekerjaan *Basement 5* Lapis



Gambar 2. Dokumentasi Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*, *Pile Cap* dan *Secant Pile* Proyek *Basement 5* Lapis

Menurut R. W. M. Wong, berikut beberapa hal yang mempengaruhi konstruksi pekerjaan *basement* dengan kedalaman melebihi 20 Meter [1]:

1. Ukuran proyek
2. Volume Pekerjaan
3. Bentuk dan kondisi topografi
4. Lingkungan dan kondisi proyek
5. Kondisi geoteknik
6. Tata letak internal *basement* atau item lainnya
7. Ketersediaan sumber daya
8. Ketersediaan tenaga ahli
9. Kesesuaian metode yang akan digunakan
10. Persyaratan kinerja khusus yang akan diperlukan

Pada proyek konstruksi yang terbilang besar, biaya pekerjaan ulang (*rework*) diperkirakan rentang 5% sampai 20% dari biaya proyek [2]. Merumuskan cara terbaik untuk mengurangi pekerjaan berulang (*rework*) perlu dilakukan simulasi terlebih dahulu dalam bentuk mode [3]. Selain menimbulkan biaya tambah, pekerjaan ulang dapat berpotensi menimbulkan keterlambatan dalam proyek konstruksi.

Analytical Hierarchy Process (AHP) dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970-an. AHP merupakan sistem pembuat keputusan yang menggunakan model matematis [4]. AHP membantu dalam menentukan prioritas dari beberapa kriteria dengan melakukan analisa perbandingan berpasangan dari masing-masing kriteria. AHP menangani suatu persoalan komplet sesuai dengan interaksi-interaksi pada persoalan itu sendiri. Proses tersebut membuat orang dapat memaparkan sebagaimana kompleksitasnya persoalan itu sendiri dan memperluas definisi dan strukturnya melalui pengulangan. Berdasarkan jurnal "What Is The Appropriate Sample Size To Run Analytic Hierarchy Process In A Survey-Based Research?" yang dilaksanakan pada *International Symposium on the Analytic Hierarchy Process*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ukuran sampel yang dibutuhkan sesuai dengan bobot kriteria dalam *Analytic Hierarchy Process* yang diharapkan sebanyak 19 sampai dengan 400 responden.

Expert Choice adalah sebuah perangkat lunak khusus digunakan pada metode AHP, *software* ini dapat mendukung keputusan yang kompleks dengan membuat keputusan yang lebih efisien, analitis, dan dapat dibenarkan. Data hasil penelitian ini dinalisa menggunakan *software expert choice*. Hasil perbandingan dalam *expert choice* ini akan berupa nilai bobot untuk tiap-tiap kriteria dan sub kriteria yang dibandingkan t choice dalam bentuk matriks perbandingan berpasangan,

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan 3 tahap, tahap pertama dilakukan adalah studi pustaka dan survei awal, tahap kedua dengan pengumpulan data kemudian tahap terakhir dilakukan adalah analisis data dan kesimpulan. Penelitian dilakukan pada beberapa proyek pembangunan *basement* di daerah DKI Jakarta pada tanggal 21 Oktober 2020 sampai dengan tanggal 31 Oktober 2020 yang dilakukan wawancara secara langsung kepada, *project manager*, *engineer*, *inspector* dan *supervisor*. Jumlah responden yang diambil sebanyak 21 responden memiliki 2 variabel main faktor yaitu pekerjaan ulang (*rework*) dan keterlambatan proyek, kemudian 17 sub faktor (12 sub faktor dari pekerjaan ulang, 5 sub faktor dari keterlambatan proyek). Data yang terkumpul dianalisis menggunakan *expert choice* untuk menentukan bobot kriteria dan alternatif. Tahapan menggunakan AHP dan EC yaitu

model hierarki, perbandingan berpasangan kriteria dan alternatif, dan analisis sensitivitas [5].

Model Hierarki

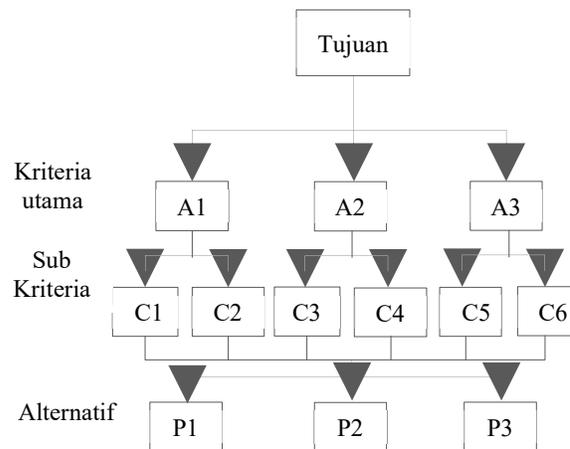
Hierarki adalah alat yang paling mudah untuk memahami masalah yang kompleks di mana masalah tersebut diuraikan ke dalam elemen-elemen yang bersangkutan, menyusun elemen-elemen tersebut secara hierarkis dan akhirnya melakukan penilaian atas elemen-elemen tersebut sekaligus menentukan keputusan mana yang akan diambil. Proses penyusunan elemen-elemen secara hierarki terdiri dari pengelompokan pada elemen-elemen dalam komponen yang sifatnya homogen dan menyusun komponen-komponen tersebut dalam level hierarki yang tepat. Hierarki merupakan sistem yang tingkatan-tingkatan keputusannya bertingkat dengan beberapa elemen keputusan pada setiap tingkatan keputusan. Hierarki dapat dibagi dua jenis yaitu [6]:

- Hierarki struktural, yang berfungsi menguraikan masalah yang kompleks diuraikan menjadi bagian-bagiannya atau elemen-elemennya menurut ciri atau besaran tertentu seperti jumlah, bentuk, ukuran, atau warna,
- Hierarki fungsional, menguraikan masalah yang kompleks menjadi bagian yang sesuai hubungan esensialnya.

Penyusunan hierarki dilakukan agar menggambarkan elemen sistem atau alternatif keputusan yang teridentifikasi. Abstraksi susunan hierarki keputusan: level 1: fokus/sasaran utama, level 2: faktor/kriteria, level 3: sub-factor, level 4: obyektif, level 5: alternatif. Setiap hierarki tidak perlu selalu terdiri dari 5 level, banyaknya level tergantung pada permasalahan yang sedang dihadapi. Tetapi untuk setiap permasalahan, level 1 (fokus/sasaran), level 2 (faktor/kriteria), dan level 5 (alternatif) harus selalu ada. Tiap tingkatan dan hierarki keputusan mempengaruhi faktor puncak atau tujuan utama dengan intensitas yang berbeda. Melalui penerapan teori matematika pada hierarki dapat dikembangkan suatu metode yang mengevaluasikan dampak dari suatu tingkat keputusan terdekat di atasnya, berdasarkan komposisi kontribusi relatif (prioritas) dan tiap elemen pada tingkat keputusan terhadap setiap elemen dan tingkat keputusan terdekat. Untuk melihat struktur organisasi 4 Level dapat dilihat pada **Gambar 3**,

Perbandingan Berpasangan

Untuk mengukur perbandingan berpasangan bertujuan untuk memberikan nilai tiap kluster agar mengukur kepentingan tiap tingkat dalam hierarki yang terdiri dari 9 skala yang disebut “*fundamental scale of saaty* [7] dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 3. Lima Model Struktur AHP 4 Level

Tabel 1. Skala Penilaian Perbandingan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya.
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lainnya.
5	Elemen yang satu lebih penting dari pada elemen yang lainnya.
7	Satu elemen jelas lebih mutlak penting dari pada elemen yang lainnya.
9	Satu elemen mutlak penting dari pada elemen yang lainnya.
2,4,6,8,9 a,b	Nilai-nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan (1,2,3,...n = jumlah kriteria)
c,d	(1,2,3,...m = jumlah alternatif)

Formulasi matematis pada *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dilakukan dengan menggunakan matriks, sehingga dapat membantu dalam melakukan pengambilan keputusan, secara sederhana berikut merupakan langkah – langkah untuk menentukan bobot pada setiap kriteria dalam penentuan alternatif keputusan diantaranya [8]:

Menentukan *geometric mean*, dengan persamaan 1.

$$MG = n \sqrt[n]{\sum_{i=1}^n X_i} \tag{1}$$

dimana:

MG = Geometric Mean

X_i = alternatif ke-i

n = Jumlah data

Melakukan proses normalisasi dengan proporsi *geometric mean* dengan persamaan 2.

$$P_i = \frac{MG_i}{\sum_{i=1}^n MG_i} \quad (2)$$

dimana:

P_i = Proporsi alternatif ke-i

MG_i = Geometric Mean data Ke-i

n = Jumlah data

Menentukan bobot nilai alternatif terhadap kriteria dengan persamaan 3.

$$V_i = \sum_{i=1}^n P_i x W_i \quad (3)$$

dimana:

P_i = Proporsi alternatif ke-i

V_i = Bobot nilai alternatif ke-i

W_i = Bobot kriteria ke-i

Kenyataan, preferensi seorang sering mengalami ketidak-konsistenan, hal tersebut menyebabkan hubungan pada matriks berpasangan menyimpang dari keadaan yang sebenarnya, sehingga *matriks* tersebut tidak konsisten sempurna. Penyimpangan tersebut diilustrasikan dengan apabila dalam suatu matriks A terdapat penyimpangan kecil pada elemen, maka hal tersebut akan menentukan nilai. Penyimpangan tersebut dinyatakan dengan *Consistency Index (CI)* pada persamaan 4.

$$V_i = \sum_{i=1}^n P_i x W_i \quad (4)$$

dimana:

n = ukuran matriks

Untuk mengetahui konsistensi penilaian yang dilakukan oleh pihak manajemen, maka perlu dilakukan perhitungan *Consistency Ratio (CR)*

Formulasi yang digunakan adalah persamaan 5.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

dimana :

CI = *Consistency Index*

RI = *Ratio Index*

Perbandingan numerik didirikan pada tiap hierarki sehingga berbentuk matrik berpasangan, nilai n merupakan kriteria dalam tingkat hirarki tertentu, sedangkan merupakan sejumlah alternatif, nilai n dan m dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Semua matrik berpasangan memiliki 2 sifat dasar berupa diagonal utama bernilai 1 yang mana tiap kriteria dibandingkan dengan nilainya sendiri dan materil kebalikan ($i_{aj} = 1/(i_{jb}) = 1/(i_{ja})$; $k_{cb} = 1/(k_{dc})$).

Secara umum dapat disetujui prioritas kriteria di estimasi dengan menggunakan *eigen vector* utama w dari matrik [9]. dapat dilihat pada persamaan 6.

$$A \cdot w = \lambda_w \cdot w \quad (6)$$

Apabila vektor w dinormalisasikan maka akan menjadi vektor prioritas dengan mengikuti tujuan λ_{\max} adalah *eigen value* terbesar dari matrik A dan *eigenvector* w yang sesuai hanya nilai positif.

Konsistensi matrik pertimbangan ditentukan dengan ukuran dinamakan *consistency ratio (CR)* dapat dilihat persamaan 5. CI merupakan indek konsistensi = $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, λ_{\max} adalah dimensi *matrik*, RI merupakan index acak dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Apabila CR matrik tinggi, maka nilai tersebut tidak konsistensi dan tidak *reliable*, apabila rasio konsistensi < 0,10 dapat diterima. Apabila nilai tinggi, pertimbangan tidak *reliable* maka harus dimunculkan. Dengan menggunakan prosedur yang sama, prioritas lokal alternatif dengan cara mematuhi setiap kriteria dapat diestemasi. Langkah terakhir prosedur terdiri dari sebuah keatuan dari prioritas lokal elemen tingkat yang berbeda dalam urutan agar menghasilkan prioritas final yang alternatif. Data final, dihasilkan dengan penjumlahan semua *eigen vector*, adalah sebuah *vektor* yang menyediakan pengukuran dari bagian yang di simulasikan oleh tiap alternatif dalam mencapai tujuan awal.

Sintesis alternatif dilakukan dengan 2 pendekatan yaitu *distributive mode* dan *ideal mode* menggunakan normalisasi dengan membagi skor tiap alternatif oleh skor alternatif [10]. Apabila dalam sistem tertutup (misalnya tidak alternatif ditambahkan atau dipindahkan) alternatif pilihan tergantung pada alternatif lain maka boleh digunakan *distributive mode*. Apabila dalam sistem terbuka dan tidak ingin alternatif lain yang akan mempengaruhi hasil maka *ideal mode* direkomendasikan [11].

Terdapat 2 variabel yang digunakan dalam mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* dan *secant pile* pada proyek basement 5 lapis yaitu variabel pekerjaan ulang dan keterlambatan [12].

Berdasarkan penjelasan, dapat diartikan bahwa penelitian ini merupakan penelitian yang mengetahui faktor - faktor terjadi pekerjaan ulang dan keterlambatan pada pekerjaan *bored pile*, *pile cap* dan *secant pile basement 5 lapis*. *Flowchart* metode AHP dengan menggunakan *expert choice* pada **Gambar 4**.

Tabel 2. Perbandingan berpasangan kriteria

j \ i	Kriteria					
	1	2	3	4	.....	N
1	1	j_{1j2}	j_{1j3}	j_{1j4}	.....	i_{1j2}
2	i_{2j1}	1	i_{2j3}	i_{2j4}	.....	i_{2jn}
3	i_{3j1}	i_{3j2}	1	i_{3j4}	.....	i_{3jn}
4	i_{4j1}	i_{4j2}	i_{4j3}	1	.....	i_{4jn}
Kriteria	.....	.....	.....	.....	.....	.....
n	i_{nj1}	i_{nj2}	i_{nj3}	i_{nj4}	.....	i_{njn}
						= 1

$I_{ajb} : (a=1, \dots, n; b=1, \dots, n) = \text{nilai lihat tabel 1}$

Tabel 3. Perbandingan berpasangan alternatif

l \ K	Kriteria i (I = 1,2,.....n)					
	1	2	3	4	.....	M
1	1	k_{1l2}	k_{1l3}	k_{1l4}	.....	k_{1lm}
2	k_{2l1}	1	k_{2l3}	k_{2l4}	.....	k_{2lm}
3	k_{3l1}	k_{3l2}	1	k_{3l4}	.....	k_{3lm}
Kriteria	4	k_{4l1}	k_{4l2}	1	.....	k_{4lm}
.....
n	k_{nl1}	k_{nl2}	k_{nl3}	k_{nl4}	.....	k_{nlm}
						= 1

$k_{eld} : (a=1, \dots, m; b=1, \dots, m) = \text{nilai lihat tabel 1}$

Tabel 4. Indek acak

n	3	4	5	6	7	8	9	10
R	0,5	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,4
1	8	0	2	4	2	1	5	9

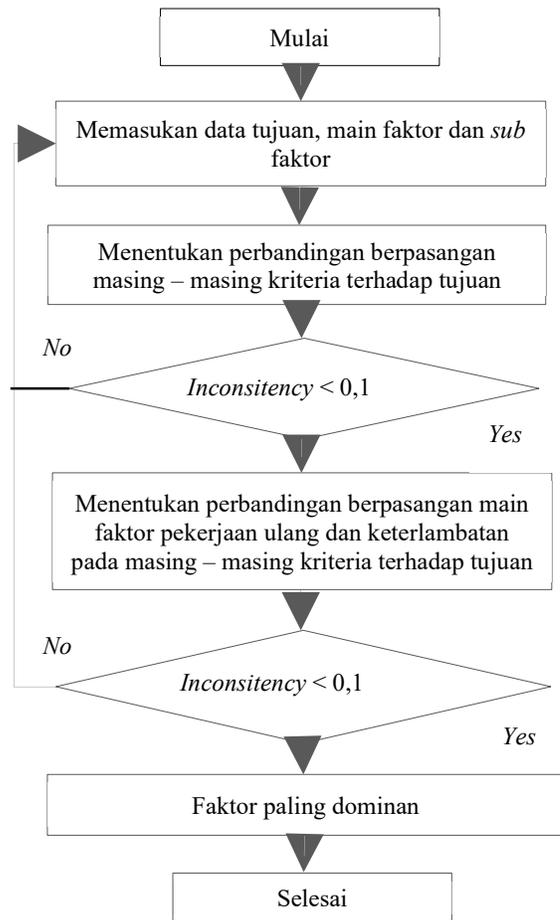
Tahapan desain penelitian

Informasi umum para pakar

Informasi umum para pakar sangat diperlukan untuk di informasikan pada penelitian ini, karena berpengaruh terhadap hasil penelitian setelah di analisa. Sebelum dilakukan pengisian kuisioner kepada responden, setelah hal tersebut dilakukan maka validasi *variable* harus dilakukan oleh para ahli terlebih dahulu sehingga kuisioner tersebut dapat dimengerti oleh responden serta data yang diperoleh sesuai dengan tujuan penelitian yang di inginkan, penulis mengajukan terdapat 5 (lima) orang yang terdiri dari pakar yang mempunyai kompetensi pada penelitian yang dilakukan ini.

Analisis Sensitivitas

Data yang telah dianalisa dilakukan modifikasi bertujuan untuk mengambil dampak pada hasil tersebut. Analisa sensitivitas terbaik dengan bentuk grafik.



Gambar 4. Bagan Alir Metode AHP Menggunakan *Expert Choice*

3. Hasil dan Pembahasan

1. Main Faktor

Agar mendapatkan sub faktor-sub faktor yang sangat berpengaruh, tahapan terlebih dahulu yang dibuat adalah menentukan main faktor, main faktor yang ditentukan berdasarkan kebutuhan serta tujuan penulisan. Penelitian ini menganalisis pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* serta *secant pile* pada **Tabel. 5**

Tabel 5. Skala dan Kriteria Jawaban

No	Main Faktor
1	Pekerjaan ulang (<i>Rework</i>)
2	Keterlambatan Proyek

Dari 2 main faktor dibagi menjadi 17 sub faktor terdiri dari 12 sub faktor pekerjaan ulang (*rework*) dan 5 sub faktor dari keterlambatan proyek. Penentuan sub faktor sangat

diperlukan sebelum melakukan analisis lebih lanjut AHP dengan menggunakan *software expert choice*, daftar sub faktor yang digunakan dalam menganalisa hubungan *variable* yang mempengaruhi pekerjaan ulang (*rework*) pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* dan *secant pile basement* 5 lapis dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Faktor – Faktor Mempengaruhi Terjadinya Pekerjaan Ulang dan Keterlambatan

Main Faktor	Sub Faktor	Kode
Pekerjaan ulang	Pengetahuan desain	Y1_1
Pekerjaan ulang	Informasi kontrak	Y1_2
Pekerjaan ulang	Jumlah pekerja kurang	Y1_3
Pekerjaan ulang	Teknologi tidak efektif	Y1_4
Pekerjaan ulang	Manajemen tidak baik	Y1_5
Pekerjaan ulang	Sistem investigasi proyek	Y1_6
Pekerjaan ulang	Komunikasi proyek	Y1_7
Pekerjaan ulang	Prosedur konstruksi	Y1_8
Pekerjaan ulang	Bahan dan peralatan	Y1_9
Pekerjaan ulang	Waktu	Y1_10
Pekerjaan ulang	Sosial dan budaya	Y1_11
Pekerjaan ulang	Keadaan alam	Y1_12
Keterlambatan	Kekurangan bahan	Y2_1
Keterlambatan	Perencanaan	Y2_2
Keterlambatan	Keuangan	Y2_3
Keterlambatan	Karakteristik tempat	Y2_4
Keterlambatan	Sistem Inspeksi	Y2_5

Tabel 7. Persentase Tingkat Pendidikan Responden

No	Pendidikan	Persentase (%)
1	Strata 1	63
2	Strata 2	27

Tabel 8. Persentase Tingkat Umur Responden

No	Rentang umur (Tahun)	Persentase (%)
1	20 - 30	27
2	30 - 40	37
3	40 - 50	27
4	50 – 60	9

Tabel 9. Persentase Jabatan Responden.

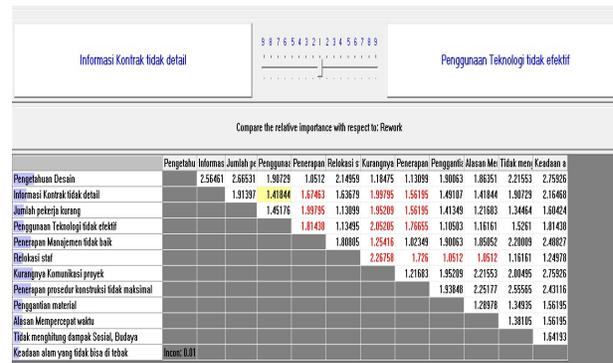
No	Rentang umur (Tahun)	Persentase (%)
1	<i>Project Manager</i>	18
2	<i>Manager</i>	23
3	<i>Engineer</i>	27
4	<i>Supervisor</i>	32

Tahap analisa menggunakan *Expert Choice*

Pada tahap ini dilakukan melakukan perbandingan dari setiap *objective* dan sub yang ada dengan menggunakan *software expert choice*, tahap pertama dilakukan dengan mengetahui penilaian secara komparatif berpasangan, setiap objektif dan sub objektif yang ditentukan dengan mengadakan perbandingan sepasang–sepasang. Yang dimaksud dari kondisi tersebut adalah elemen elemen dibandingkan berpasangan terhadap suatu kriteria yang telah ditentukan yang di implementasikan menggunakan *expert choice*.

Pembobotan alternatif

Pada **Gambar 5** dan **Tabel 11**, menjelaskan perbandingan alternatif yang telah dianalisa oleh *expert choice* pada main faktor pekerjaan ulang (*rework*)



Gambar 5. Gambar Hasil Perbandingan Menggunakan *Expert Choice* Pekerjaan Ulang (*Rework*)



Gambar 6. Gambar Hasil Perbandingan Pekerjaan Ulang (*Rework*)

Hasil pembobotan alternatif pekerjaan ulang (*rework*) dapat diterima, dikarenakan oleh nilai *inconsistency* kecil dari 0.01. Pada **Gambar 5**, dan **Tabel 10**, menjelaskan perbandingan alternatif pada main faktor keterlambatan.

Tabel 10. Hasil Perbandingan Alternatif Pekerjaan Ulang (*Rework*)

Item Kegiatan	Hasil Pengelolaan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
a		2,6	2,7	1,9	1	2,1	1,1	1,1	1,9	1,8	2,2	2,8
b			1,9	1,4	1,7	1,6	2	1,6	1,5	1,4	1,9	2,2
c				1,5	2	1,1	2	1,6	1,4	1,2	1,3	1,6
d					1,8	1,1	2	1,8	1,1	1,2	1,5	1,8
e						1,8	1,3	1	1,9	1,9	2,2	2,5
f							2,3	1,7	1,1	1	1,2	1,2
g								1,2	1,9	2,2	2	2,8
h									1,9	2,3	2,6	2,4
i										1,9	1,3	1,6
j											1,4	1,6
k												1,6
l	Incon : 0,01											

Keterangan:

- a : Pengetahuan desain
- b : Informasi kontrak
- c : Pekerja kurang
- d : Teknologi tidak efektif
- e : Manajemen tidak baik
- f: Investasi proyek
- g: Komunikasi proyek
- h: Prosedur konstruksi
- i: Penggantian material, peralatan
- j : Mempercepat waktu
- k : Sosial dan budaya
- l : Keadaan alam

Keterangan:

- a : Bahan
- b : Perencanaan dan penjadwalan
- c : Keuangan
- d : karakteristik tempat
- e : sistem inspeksi

Berdasarkan **Gambar 6**, dapat dijelaskan nilai prioritas pengetahuan desain 0,138, komunikasi proyek 0,131, manajemen tidak baik 0,118, prosedur konstruksi 0,117, informasi kontrak 0,86, jumlah pekerja kurang 0,68, penggunaan teknologi tidak efektif 0,66, penggantian material serta peralatan 0,63, mempercepat waktu 0,06, investigasi proyek 0,059, sosial dan budaya 0,052, keadaan alam 0,042. Di dapat nilai total *incosistency* 0,00743. Nilai prioritas keterlambatan dapat dilihat pada **Gambar 8**.

Berdasarkan **Gambar 6**, dijelaskan nilai prioritas keuangan 0,292, bahan 0,221, perencanaan dan penjadwalan 0.193, karakteristik tempat 0,149, dan sistem inspeksi 0,144.

Pembobotan kriteria

Pada **Tabel 12**, menjelaskan hasil pembobotan kriteria pekerjaan untuk mengetahui faktor - faktor mempengaruhi analisis pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* dan *secant pile*.

Analisis Sensitivitas

Hasil model sensitivitas ditunjukkan pada **Gambar 9**, dan gambar hasil dinamik dilihat pada **Gambar 10**. Gambar sensitivitas grafik dinamik **Gambar 9**, adalah grafik yang menampilkan hubungan masing masing alternatif dan kriteria. Berdasarkan grafik tersebut menjelaskan faktor yang

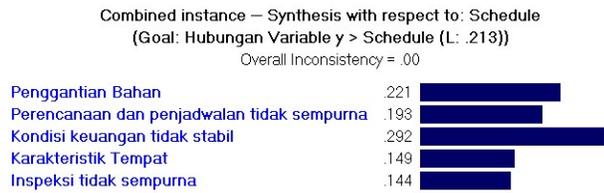
	Penggantian	Perencana	Kondisi kr	Karakterist	Inspeksi ti
Penggantian Bahan		3.0	1.56742	1.5261	1.49107
Perencanaan dan penjadwalan tidak sempurna			1.47877	1.39254	1.42525
Kondisi keuangan tidak stabil				1.90729	1.77274
Karakteristik Tempat					1.13099
Inspeksi tidak sempurna	Incon: 0.04				

Gambar 7. Gambar Hasil Perbandingan Keterlambatan

Tabel 11. Hasil Perbandingan Alternatif Keterlambatan

Item Kegiatan	Hasil Kegiatan				
	a	b	c	d	e
a		1,3	1,6	1,5	1,5
b			1,5	1,4	1,4
c				1,9	1,7
d					1,1
e	Incon : 0,0042				

paling berpengaruh terjadi pekerjaan ulang (rework) serta keterlambatan pekerjaan *basement* 5 lapis adalah pengetahuan desain tim lapangan sebesar 12,2 % dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 8. Gambar Hasil Nilai Prioritas Keterlambatan

Tabel 12. Hasil Perbandingan Kriteria

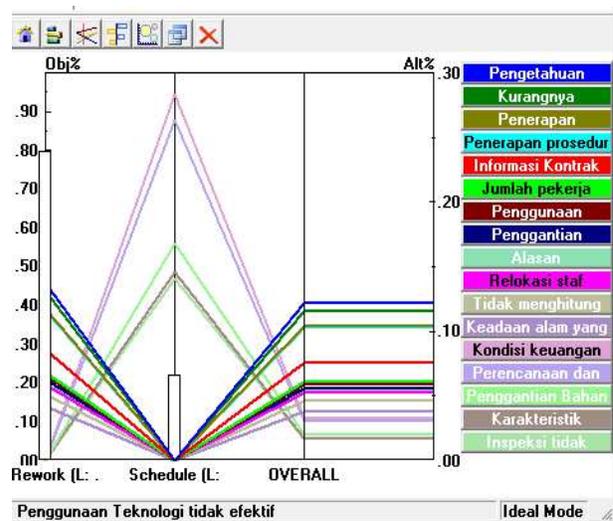
Item	Persentase (%)
Rework	78,7
Keterlambatan	21,3
Pengetahuan desain tim lapangan	12,2
Informasi kontrak	7,6
Jumlah pekerja kurang	6,1
Penggunaan teknologi tidak efektif	5,9
Manajemen tidak baik	10,5
Investigasi proyek	5,2
Komunikasi proyek	11,6
Prosedur konstruksi	10,3
Penggantian material, peralatan	5,6
Mepercepat waktu	5,3
Sosial dan Budaya	4,6
Kedaan alam	3,7
Bahan	2,5
Perencanaan dan penjadwalan	2,2
Kuangan	3,3
Karakteristik tempat	1,7
Sistem Inspeksi	1,6

4. Simpulan

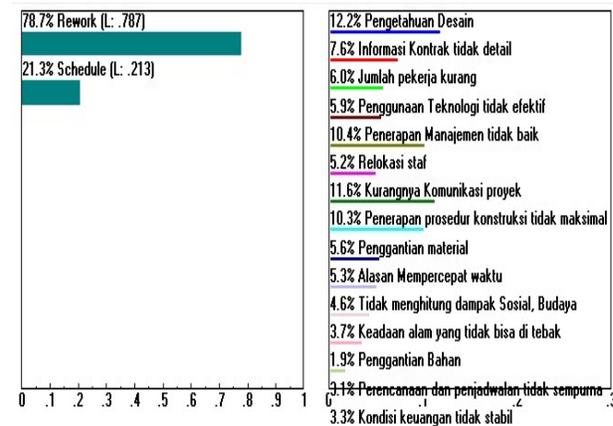
Melihat berbagai fungsi *basement* pada hunian bertingkat tinggi di daerah Provinsi DKI Jakarta, maka perlu dilakukan analisis mendalam mengenai faktor-faktor mempengaruhi terjadinya pekerjaan ulang (*rework*) serta keterlambatan pada pekerjaan *basement* 5 lapis, maka dengan melakukan analisis bertujuan mengetahui faktor-faktor terjadinya pekerjaan ulang (*rework*) serta keterlambatan pekerjaan pondasi *bored pile*, *secant pile* dan *pile cap* proyek *basement* 5 lapis menggunakan AHP dapat mengetahui kriteria dan alternatif faktor yang paling mempengaruhi dengan soft ware *expert choice*. Hasil analisis pada penelitian ini menjelaskan bobot kriteria : Pengetahuan desain 12,2 % tim

lapangan, Informasi kontrak 7,6 %, jumlah pekerja kurang 6,1 %, penggunaan teknologi tidak efektif 5,9 %, manajemen tidak baik 10,59%, investi-gasi proyek 5,2 %, komunikasi proyek 11,6 %, prosedur konstruksi 10,3 %, penggantian material peralatan, mempercepat waktu 5,3 %, sosial serta budaya 4,6 %, keadaan alam 3,7 %, bahan 2,5 %, perencanaan penjadwalan 2,2 %, keuangan 3,3 %, karakteristik tempat 1,7 % dan sistem inspeksi 1,6 %.

Berdasarkan analisis, dapat disimpulkan bahwa analisis hubungan variabel yang mempengaruhi *rework* serta keterlambatan pada pekerjaan pondasi *bored pile*, *pile cap* *basement* 5 lapis terdiri dari 17 Faktor, dengan faktor paling dominan adalah pengetahuan desain tim lapangan sebesar 12,20 % dan faktor yang tidak dominan adalah sistem inspeksi sebesar 1,60 %



Gambar 9. Gambar Hasil Grafik Dinamik



Gambar 10. Gambar Sensitiviti Grafik

Daftar Pustaka

[1] R. W. M. Wong, "The construction of deep and

- complex basements under extremely difficult urban environment—3 representing projects in Hong Kong,” *Adv. Build. Technol.*, vol. 1, pp. 713–721, 2002, doi: 10.1016/b978-008044100-9/50090-5.
- [2] P. E. D. Love, D. J. Edwards, and J. Smith, “Rework Causation: Emergent Theoretical Insights and Implications for Research,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 142, no. 6, p. 04016010, 2016, doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0001114.
- [3] A. B. Surya, I. P. A. Wiguna, and E. Suryani, “Pengembangan Model Penyebab Rework Pada Pekerjaan Konstruksi Infrastruktur Jalan Dengan Pendekatan Sistem Dinamik,” *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 15, no. 2, p. 45, 2017, doi: 10.12962/j2579-891x.v15i2.2471.
- [4] F. Jalaei and A. Jrade, “Construction Research Congress 2014 ©ASCE 2014 140,” *Constr. Res. Congr. 2014*, no. 2008, pp. 140–149, 2014.
- [5] P. Adamović, Č. Dunović, and M.-M. Nahod, “Expert Choice Model for Choosing Appropriate Trenchless Method for Pipe Laying,” 2007, [Online]. Available: https://bib.irb.hr/datoteka/348146.Adamovic_Dunovic_Nahod_Prag_09_2007.pdf.
- [6] مقایسه اثر ترکیب “No Titleب، ت. و. قلخانی منوچهر، حیرانی علی های مختلف تمرین بدنی، مشاهده ای و تصویرسازی بر یادداری فوری و تاخیری مهارت سرویس بلند بدمینتون، رشد و یادگیری شماره 8؛ ص 99-117، 1390،” حرکتی-ورزشی
- [7] A. E. Husin, T. D. Soehari, Y. S. Prabowo, and Zulfiqar, “Analytical hierarchy process (AHP) implementation in determining document evaluation criteria of post qualification E-tendering knockout phase,” *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 6, pp. 160–165, 2019, doi: 10.35940/ijeat.E6925.088619.
- [8] Nike Shielda Elmania, “Evaluasi dan perbaikan kualitas layanan bri unair pada nasabah (mahasiswa unair) menggunakan analytical hierarchy process (ahp) dan quality function deployment (qfd),” *J. Manaj.*, 2016.
- [9] T. L. Saaty, “A scaling method for priorities in hierarchical structures,” *J. Math. Psychol.*, vol. 15, no. 3, pp. 234–281, 1977, doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- [10] A. Ishizaka and A. Labib, “Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and limitations,” *OR Insight*, vol. 22, no. 4, pp. 201–220, 2009, doi: 10.1057/ori.2009.10.
- [11] I. Millet and T. L. Saaty, “On the relativity of relative measures - accommodating both rank preservation and rank reversals in the AHP,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 121, no. 1, pp. 205–212, 2000, doi: 10.1016/S0377-2217(99)00040-5.
- [12] A. I. Nurani, A. T. Pramudyaningrum, S. R. Fadhila, S. Sangadji, and W. Hartono, “Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy AHP, and TOPSIS for Determining Bridge Maintenance Priority Scale in Banjarsari, Surakarta,” *Int. J. Sci. Appl. Sci. Conf. Ser.*, vol. 2, no. 1, p. 60, 2017, doi: 10.20961/ijssacs.v2i1.16680.

Halaman ini sengaja dikosongkan