

ALTERNATIF PEMILIHAN JENIS PONDASI PADA KONDISI DAERAH RAWAN GEMPA DAN TSUNAMI

Hilma Erliana*

Prodi Konstruksi Pondasi, Beton dan Pengaspalan Jalan, AKademi Komunitas Negeri Aceh Barat

Enny Irmawati Hasan

Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Abstract

The earthquake and tsunami disaster that occurred in Aceh Province had a major impact on infrastructure such as infrastructure damage, building collapse, and structural damage to buildings. Lessons from the disaster have changed the public understanding of good and safe building structures, by considering the earthquake-resistant design of building. The scope of this research is related to the selection of the right and safe foundation. This study aims to find out the right steps in deciding to determine which foundation is suitable for use, by considering the safety of the surrounding community. This research is located in the construction of the Batoh Health Center Building in Banda Aceh by looking at the appropriate criteria in determining the alternative choices of the earthquake-resistant design of foundations using the AHP (Analytical Hierarchy Process) method. The criteria used in determining alternative foundation selection are economic aspects, implementation aspects, environmental aspects, soil conditions, and field conditions. The types of foundations that are used as an alternative are hydraulic jack-in system pile foundations, bored pile foundations, and the foundation of the cobwebs (KSLL). Based on the results of the study, the criteria weight values were from the highest to the lowest order, namely the soil condition aspect 0.51, the economic aspect 0.27, the implementation aspect 0.12, the environmental aspect 0.06, and the field condition aspect 0.04. The alternative choice of the right foundation for use in the construction of the Batoh Health Center UPTD Building in Aceh Province is the cobweb construction foundation (KSLL), with the priority order of the alternative choices namely the Cobweb Foundation (KSLL) 0.58, the drill system pile foundation (Bored Pile) with a weight of 0.22 and the last is the foundation of a hydraulic jack-in system of 0.19

Keywords:

Foundation selection; AHP method; Earthquake-resistant.

Abstrak

Pengalaman yang telah dialami oleh masyarakat khususnya pada Provinsi Aceh terhadap bencana gempa dan tsunami seperti kerusakan infrastruktur, keruntuhan bangunan dan kerusakan struktural bangunan. Belajar dari pengalaman tersebut, maka telah mengubah pandangan masyarakat dalam penanganan pembangunan struktur bangunan yang baik dan aman, dengan mempertimbangkan kondisi bangunan yang ramah gempa. Maka dari itu dilakukan penelitian mengenai pemilihan pondasi yang tepat dan aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana langkah yang tepat dalam mengambil keputusan untuk menentukan pondasi mana yang layak dipakai, dan juga mempertimbangkan keamanan masyarakat disekitar. Lokasi penelitian pada pembangunan Gedung Puskesmas Batoh Banda Aceh dengan melihat kriteria-kriteria yang sesuai dalam menentukan alternatif pilihan pondasi ramah gempa dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Adapun kriteria yang digunakan dalam menentukan alternatif pemilihan pondasi yaitu aspek ekonomis, aspek pelaksanaan, aspek lingkungan, kondisi tanah dan kondisi lapangan. Jenis pondasi yang menjadi alternatif pilihan adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*hydraulic Jack In*), pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*) dan pondasi sarang laba-laba (KSLL). Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai bobot kriteria dengan urutan paling tinggi hingga paling rendah yaitu kondisi tanah 0,51, aspek ekonomis 0,27, aspek pelaksanaan 0,12, aspek lingkungan 0,06 dan aspek kondisi lapangan 0,04. Untuk alternatif pilihan pondasi yang tepat untuk digunakan dalam pembangunan Gedung UPTD Puskesmas Batoh Provinsi Aceh adalah pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL), dengan urutan prioritas alternatif pilihan yaitu pondasi sarang laba-laba (KSLL) 0,58, pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*) dengan bobot 0,22 dan yang terakhir adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*hydraulic Jack In*) 0,19.

Kata Kunci:

Pemilihan pondasi; Metode AHP; Ramah Gempa.

Citation in APA Style: Erliana, H., Hasan. E. I. (2023). Alternatif Pemilihan Jenis Pondasi Pada Kondisi Daerah Rawan Gempa Dan Tsunami. *VOCATECH : Vocational Education and Technology Journal*, Vol. 4, 2 (2023), 101-110

DOI: [10.38038/vocatech.v4i2.113](https://doi.org/10.38038/vocatech.v4i2.113)

Received: 20 Februari 2023 ; Accepted: 13 April 2023 ; Published: 26 April 2023

***Corresponding author:**

Hilma Erliana, Prodi Konstruksi Pondasi, Beton dan Pengaspalan Jalan, AKademi Komunitas Negeri Aceh Barat, Komplek STTU Alue Peunyareng, Ujong Tanoh Darat, Kec. Meureubo, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh 23615, Indonesia.

Email: hilmaerliana@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Pada tanggal 26 Desember 2004 telah terjadi bencana gempa dan tsunami berskala internasional. Bencana tersebut setidaknya menimpa beberapa negara seperti Thailand, India, Sri Lanka, termasuk Indonesia. Provinsi Aceh di Indonesia mengalami bencana tsunami dengan jumlah kematian tertinggi yaitu 173.741 orang ([Syamsidik et al., n.d.](#)). Provinsi Aceh beberapa kali mengalami gempa bumi dahsyat yang menimbulkan kerusakan infrastruktur dan korban jiwa ([Erliana et al., 2020](#)). Tercatat pada tanggal 26 Desember 2004 gempa terkuat yang pernah ada sebesar 8,9 SR, disusul bencana tsunami yang juga terjadi pada 11 April 2012 dengan kekuatan 8,5 SR dan 8,1 SR pada tanggal 7 Desember 2016 dengan kekuatan sebesar 6,5 SR ([Seni et al., 2015](#)). Pengalaman pahit gempa dan tsunami yang pernah terjadi ini telah mengubah sudut pandang masyarakat untuk dapat lebih mempertimbangkan dan memperkirakan struktur bangunan yang aman pada kondisi daerah gempa dan tsunami ([Erliana et al., 2022](#)). Belajar dari pengalaman masyarakat Jepang yang telah sering mengalami gempa dan tsunami dahsyat, sehingga mereka lebih memfokuskan pada pengembangan strategi mitigasi penyelamatan nyawa masyarakat dengan membuat sistem peringatan dini dan jalur evakuasi yang efektif dan mencari tempat tinggi yang aman untuk mengungsi saat tsunami dengan naik ke lantai atas dari bangunan kokoh yang tahan terhadap beban tsunami ([Yeh et al., 2014](#)). Menurut ([Yeh et al., 2014](#)), kegagalan bangunan dapat dikategorikan dalam tiga hal. Pertama, dalam kasus kegagalan stabilitas global, bangunan terbalik dan/atau meluncur sebagai benda kaku, biasanya dengan sistem penahan lateral. Bangunan mengalami sedikit atau tidak ada kerusakan struktural didefinisikan sebagai rotasi bangunan tentang suatu titik biasanya pada tingkat fondasi dan geser. Kedua, kegagalan satu atau lebih komponen struktural individu (misalnya kolom dan balok) menyebabkan keruntuhan bangunan, biasanya disebabkan oleh guncangan gempa yang kuat dan yang ketiga adalah kegagalan bangunan pondasi terkait dengan ketidakstabilan tanah dan gerusan ([Fauziah et al., 2014](#)).

Maka dari itu perlu dilakukannya pemilihan pondasi yang tepat dengan mempertimbangkan keamanan masyarakat di kawasan yang rentan akan bencana gempa dan tsunami, khususnya di Provinsi Aceh dalam memilih pondasi ramah gempa yang dapat digunakan yaitu dengan melakukan pendekatan menggunakan metode AHP. Pendekatan menggunakan teknik proses hierarki analitik (AHP) yaitu dengan menggabungkan faktor evaluasi yang menguntungkan dan tidak menguntungkan dalam satu kerangka kerja. Metode untuk menyusun matriks perbandingan, mengukur konsistensi perbandingan berpasangan, dan menggabungkan vektor eigen untuk matriks dalam menghasilkan hasil akhir yang dibahas ([Skibniewski & Chao, 1992](#)). Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) banyak digunakan untuk memecahkan masalah dalam Pengambilan Keputusan dengan multi kriteria, teknik dapat menjadi alat yang tepat untuk seleksi proses. Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dikenal sebagai pendekatan serbaguna praktis ([Saaty, 2008](#)).

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bagaimana langkah yang tepat dalam mengambil keputusan dalam menentukan pondasi mana yang layak dipakai, dan juga mempertimbangkan keamanan masyarakat disekitar ([Fatimah & Randa, 2021](#)). Penelitian ini dilakukan pada pembangunan Gedung Puskesmas Batoh Banda Aceh dengan melihat kriteria dan sub kriteria yang sesuai dalam menentukan pilihan pondasi ramah gempa dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

Adapun beberapa penelitian yang dijadikan referensi dalam penelitian ini yaitu, penelitian yang dilakukan oleh ([Luhur IV & Duwur-Semarang, n.d.](#)), dalam penelitian ini digunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) untuk pemilihan jenis sub struktur proyek konstruksi, hasil yang didapat yaitu pondasi *Mini Pile* yang digunakan sebagai alternatif dalam pemilihan pondasi dengan nilai urutan tertinggi sampai terendah adalah *Mini Pile* 36,34 %, *Franki Pile* 35,67 %, *Pc Hole* 27,99 %. Untuk sub kriteria yang tepat dalam pemilihan pondasi adalah kriteria alat dan bahan. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh ([Tantyonimpuno & Retnaningtias, 2009](#)) menyatakan bahwa dalam pemilihan jenis pondasi menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dengan pondasi tiang pancang *prestress* pilihan yang tepat dalam pemilihan pondasi sesuai dengan hasil yang didapat dengan urutan tertinggi hingga terendah adalah pondasi tiang pancang beton *prestress*, tiang pancang beton bertulang, dan pondasi tiang bor dengan urutan bobot yaitu 51,82 %, 35,79 %, dan 12,39 %. ([Hartono et al., 2016](#)) juga meneliti terkait pemilihan pondasi dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) pada pembangunan Laboratorium Fakultas Pertanian UNS Surakarta dimana hasil penelitian didapat bahwa pondasi telapak adalah yang cocok dipakai dengan urutan tertinggi ke yang terendah adalah Pondasi Telapak 30%, *Mini Pile* 23,9%, Pondasi Sumuran 23,5%, dan *Bore Pile* 22,6%. Dari beberapa penelitian terdahulu yang pernah dilakukan, penelitian ini ingin melihat alternatif pemilihan jenis pondasi yang cocok untuk

wilayah khususnya Provinsi Aceh yang sering mengalami gempa, dengan lebih mengutamakan kriteria yang sesuai untuk pemilihan pondasi ramah gempa dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*).

II. STUDI PUSTAKA

1. Pemilihan Jenis Pondasi

Konstruksi suatu bangunan harus didukung oleh pondasi yang menahan beban di atasnya. Sehingga dalam perencanaan, pondasi merupakan salah satu hal terpenting yang harus diperhitungkan dalam menjamin kestabilan dari berat bangunan itu sendiri dan juga gaya dari luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan penurunan bangunan ([Faisal et al., 2020](#)). Dalam memperhitungkan pemilihan pondasi yang baik ada beberapa faktor dalam memilih tipe pondasi yang akan digunakan yaitu kegunaan dari beban yang ditahan oleh pondasi, besar dan berat dari beban di atasnya, kondisi tanah dasar, biaya yang akan dikeluarkan untuk pembangunan pondasi ([Purwanto, 2012](#)).

Menurut ([Rahmatika, 2016](#)) Fungsi dari Pondasi yaitu meneruskan beban ke dalam lapisan tanah yang paling bawah, tentunya tidak boleh melampaui kekuatan tanah yang ada. Apabila kekuatan tanah terlampaui akan terjadi keruntuhan, sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan di atasnya, maka dari itu syarat dasar kelayakan suatu pondasi didasari oleh:

- Nilai untuk faktor keamanan (2 atau 3) sehingga aman terhadap keruntuhan geser.
- Apabila penurunan (*settlement*) terjadi masih dalam batas kewajaran.
- Penurunan Sebagian (*differential settlement*) tidak mempengaruhi struktur bangunan di atasnya dan tidak mengakibatkan kerusakan yang berat.

Selain dari itu, dalam memilih pondasi yang juga harus diperhatikan adalah kondisi keadaan di lapangan maupun kondisi lingkungan apakah sudah sesuai dan dapat dikerjakan secara ekonomis serta efisiensi waktu pengerjaan. Karena walaupun pemilihan pondasi secara teknis sudah dilakukan namun aspek-aspek di luar daripada itu juga harus diperhatikan, contohnya jika pembangunan berada dalam kota dan lingkungan perumahan maka kondisi lingkungan sekitar juga harus diperhatikan baik dari segi tingkat kebisingan, kenyamanan dan gangguan-gangguan umum lainnya ([Tantyonimpuno & Retnaningtias, 2009](#)).

2. Pengambilan Keputusan

Pemilihan sistem struktur dan material seringkali dilakukan menurut pengalaman atau persepsi pribadi tanpa dievaluasi dengan baik sebagaimana mestinya. Padahal dalam merencanakan sistem struktur membutuhkan pengetahuan multi-disiplin dan pengalaman tentang perilaku struktur yang berbeda dan persyaratan struktural. Beberapa peneliti mencoba untuk menerapkan prosedur ini menggunakan teknik Pengambilan Keputusan dengan multi kriteria. Dalam beberapa situasi di lapangan, mungkin sulit dalam mendapatkan informasi yang pasti (misalnya; lamanya kegiatan), namun dengan menggunakan metode ini dapat menangani proses pengambilan keputusan dihadapan berbagai tujuan dan informasi yang tidak pasti ([Balali et al., 2014](#)).

Menurut ([Iqbal Hasan, 2002](#)), hal yang mendasari dalam pengambilan keputusan adalah:

- a. Menggunakan intuisi dalam mengambil keputusan, sehingga dengan menggunakan perasaan yang mendalam dan yakin dapat memudahkan serta layak untuk dipercaya.
- b. Adanya pengalaman akan membuat sesuatu menjadi mudah dan praktis dalam mengambil keputusan.
- c. Keadaan yang nyata dan telah terbukti akan memberikan hasil yang valid.
- d. Memiliki kekuasaan dalam memilih atau mengambil keputusan,
- e. Mampu berpikir secara logis dalam mengambil keputusan.

3. Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

Metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) dikembangkan oleh ([Saaty, 2008](#)) saat pengambilan keputusan dengan multi kriteria dalam pemecahan masalah. Metode AHP dikenal sebagai pendekatan serbaguna praktis yang menggunakan perbandingan berpasangan untuk melakukan perbandingan. Pendekatan ini dikaitkan dengan rasio konsistensi ([Badri Ahmadi et al., 2017](#)). Dengan asumsi bahwa ada sejumlah kriteria dan alternatif, bobot kriteria terlebih dahulu dihitung melalui perbandingan berpasangan menggunakan skala Saaty, skala kriteria dinilai dengan matriks perbandingan berpasangan dimana skala 1-9 merupakan pilihan terbaik dalam mempresentasikan pendapat ([Asadabadi et al., 2019](#)).

Keuntungan menggunakan metode ini adalah memiliki penyatuan model yang gampang difahami, dapat memecahkan permasalahan yang kompleks, dapat menangani elemen-elemen yang saling ketergantungan,

menyusun elemen-elemen sesuai dengan kelompok yang sama dalam tiap tingkatan, mengukur sesuai skala, konsisten, memberikan pilihan alternatif terbaik ([Caksono & Mu'afata, 2002](#)). Selain itu keuntungan metode ini menurut ([Balali et al., 2014](#)) dapat meningkatkan interaksi dan keterlibatan dari individu dalam proses pengambilan keputusan. Selanjutnya kemampuannya untuk mengukur indikator kualitas dan kuantitas dengan menggunakan preferensi mental, keahlian, dan tujuan informasi. Dengan mengklasifikasikan kriteria dari atas ke bawah pohon keputusan, AHP secara sistematis menilai kompleks masalah, terutama dengan menggabungkan pendapat dari ahli dan pengambil keputusan. AHP juga dapat diandalkan untuk menghitung bobot masing-masing kriteria berdasarkan sudut pandang pembuat keputusan daripada keputusan matriks. AHP juga memungkinkan melakukan analisis sensitivitas atas kriteria dan subkriteria. Fitur unik dari AHP adalah kemungkinan menghitung kompatibilitas/ ketidakcocokan keputusan yang dibuat oleh para pengambil keputusan ([Balali et al., 2014](#)).

III. METODE

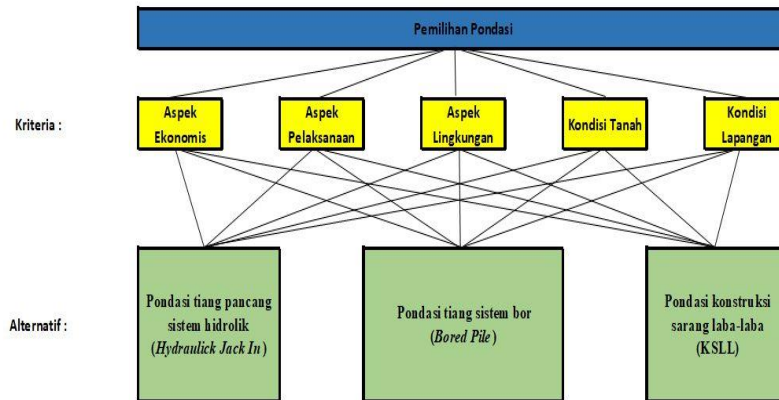
1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini diselesaikan dengan beberapa tahapan yaitu meliputi penyelesaian masalah berdasarkan studi literatur dan pengumpulan data ([Shaskia & Yunita, 2021](#)). Adapun data yang dikumpulkan berasal dari hasil wawancara dan survei kuesioner oleh pihak yang kompeten dalam mengambil keputusan yaitu tenaga ahli struktur pada PT. Axial Highway Engineering Consultant yang merupakan pengelola proyek. Lokasi penelitian adalah pembangunan gedung UPTD Puskesmas Batoh, yang terletak di Jalan Turi Utama, Gampong Cot Mesjid, Kecamatan Lueng Bata, Kota Banda Aceh. Luas Lahan yang tersedia untuk peruntukan bangunan dan prasarana pendukung lainnya lebih kurang 3.300 m². Lokasi lahan/ area pembangunan UPTD Puskesmas Batoh ini terletak pada kawasan permukiman yang padat penduduk dan berbatas langsung dengan perumahan milik masyarakat. Akses jalan menuju lokasi rencana merupakan jalan lingkungan dengan lebar rata-rata kurang dari 5 meter. Untuk mencapai lokasi dari jalan utama (Jl. Tengku Chik Ditiro) harus menempuh jarak lebih kurang 500 m.



Gambar 1. Lokasi Pembangunan Gedung UPTD Puskesmas Batoh

Selanjutnya adalah penentuan kriteria-kriteria yang dapat memudahkan pihak pengambil keputusan untuk menilai, lalu menyederhanakan lagi kriteria-kriteria yang ada menjadi sub kriteria sehingga memudahkan pihak-pihak pengambil keputusan dalam menyederhanakan penilaian. Setelah kriteria ditentukan selanjutnya melakukan proses perhitungan akhir untuk mendapatkan nilai alternatif jenis pondasi yang dipakai berdasarkan matriks perbandingan berpasangan antara bobot alternatif jenis pondasi untuk setiap kriteria dan setiap pihak pengambil keputusan. Berdasarkan proses identifikasi tahapan penelitian maka didapat model hirarki keputusan seperti berikut:



Gambar 2. Hierarki Pengambilan Keputusan

2. Analisis Data

Apabila data yang dibutuhkan telah terkumpul baik itu data primer maupun sekunder, maka selanjutnya dilakukan analisis pengolahan data. Data yang dikumpulkan berupa bangunan, hasil tes tanah, dan data berupa pengisian kuisioner dalam pengambilan keputusan. Dalam identifikasi awal dengan melakukan wawancara pada pihak pengambil keputusan, didapat dari hasil teknis pelaksanaan berdasarkan jenis konstruksi untuk alternatif pondasi yang digunakan pada pembangunan Gedung UPTD Puskesmas Batoh Provinsi Aceh adalah:

1. Pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*)
2. Pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*)
3. Pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan alternatif ketiga jenis pondasi tersebut adalah:

Tabel 1. Kriteria Pemilihan Pondasi

Kriteria	Sub Kriteria	Kode
Aspek Ekonomis	Anggaran Biaya Efisiensi Waktu pelaksanaan	C1
Aspek Pelaksanaan	Efektifitas Bahan dan Alat Efektivitas Tenaga Kerja	C2
Aspek Lingkungan	Kebisingan Mobilisasi Alat dan Bahan Pencemaran	C3
Kondisi Tanah	Tanah Lunak Tanah Keras Tanah Lempung Tanah Lanau Tanah Kerikil	C4
Aspek Kondisi Lapangan	Teknis Pondasi Pengaruh Bangunan Sekitar Efisiensi Tenaga Kerja	C5

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian

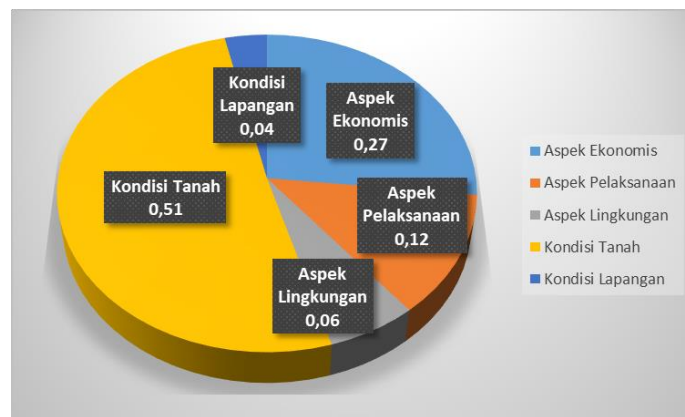
a. Hasil Perhitungan Bobot Kriteria

Dari hasil perhitungan matriks berpasangan didapatkan *eigen vector* untuk perbandingan kriteria, seperti terlihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. *Eigen Vector* Normalisasi untuk Perbandingan Kriteria

Kriteria	C1	C2	C3	C4	C5	Total	EVN
C1	5,00	11,40	23,00	3,50	45,67	88,56	0,27
C2	2,41	5,00	10,05	2,00	22,05	41,50	0,12
C3	1,54	3,27	5,00	1,11	10,07	20,99	0,06
C4	10,05	25,67	47,67	5,00	81,00	169,38	0,51
C5	1,02	2,28	2,98	0,54	5,00	11,83	0,04
KESELURUHAN						332,26	1,00

Sesuai Tabel di atas maka dapat dilihat untuk prioritas pemilihan pondasi berdasarkan kriteria yang ada dari nilai bobot prioritas kriteria paling tinggi adalah C4 yaitu kondisi tanah dan yang terendah adalah C5 yaitu kondisi lapangan. Urutan prioritas bobot dari nilai tertinggi hingga paling rendah adalah: kondisi tanah 0,51, aspek ekonomis 0,27, aspek pelaksanaan 0,12, aspek lingkungan 0,06 dan aspek kondisi lapangan 0,04. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada bentuk diagram yang digambar sebagai berikut:



Gambar 3. Bobot Kriteria Pemilihan Jenis Pondasi

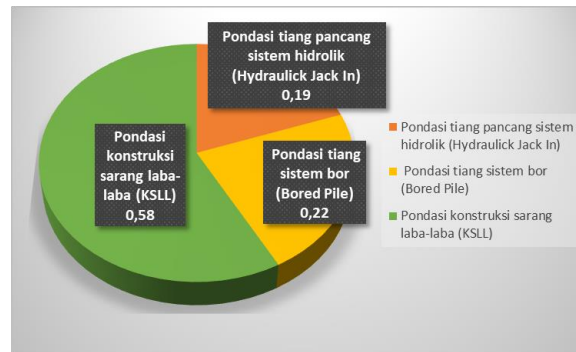
b. Hasil Perhitungan Perbandingan Alternatif Pemilihan Jenis Pondasi

Dengan perhitungan matriks berpasangan yang sama seperti bobot kriteria, maka didapat nilai perbandingan alternatif pemilihan pondasi terhadap masing-masing kriteria adalah seperti Tabel berikut ini:

Tabel 3. *Eigen Vector* Normalisasi untuk Perbandingan Pemilihan Pondasi dari Masing-Masing Kriteria

Kriteria	Urutan Prioritas Jenis Pondasi	Nilai <i>Eigen Vector</i>
Aspek Ekonomis	1. konstruksi sarang laba-laba (KSLL)	0,68
	2. tiang sistem bor (<i>Bored Pile</i>)	0,24
	3. tiang pancang sistem hidrolik (<i>Hydraulic Jack In</i>)	0,09
Aspek Pelaksanaan	1. tiang sistem bor (<i>Bored Pile</i>)	0,63
	2. konstruksi sarang laba-laba (KSLL)	0,29
	3. tiang pancang sistem hidrolik (<i>Hydraulic Jack In</i>)	0,08
Aspek Lingkungan	1. konstruksi sarang laba-laba (KSLL)	0,64
	2. tiang sistem bor (<i>Bored Pile</i>)	0,26
	3. tiang pancang sistem hidrolik (<i>Hydraulic Jack In</i>)	0,10
Kondisi Tanah	1. konstruksi sarang laba-laba (KSLL)	0,63
	2. tiang pancang sistem hidrolik (<i>Hydraulic Jack In</i>)	0,29
	3. tiang sistem bor (<i>Bored Pile</i>)	0,08
Kondisi Lapangan	1. tiang sistem bor (<i>Bored Pile</i>)	0,71
	2. tiang pancang sistem hidrolik (<i>Hydraulic Jack In</i>)	0,20
	3. konstruksi sarang laba-laba (KSLL)	0,09

Setelah didapat nilai *eigen vector* perbandingan pemilihan pondasi untuk masing-masing kriteria, maka langkah terakhir dilakukan perhitungan untuk mendapatkan peringkat dari jenis pondasi yaitu perkalian berdasarkan nilai *eigen vector* normalisasi perbandingan pemilihan pondasi dari masing-masing kriteria (Nilai EVN pada Tabel 3) dengan *eigen vector* normalisasi perbandingan kriteria (Nilai EVN pada Tabel 2) sehingga didapat nilai urutan prioritas peringkat dalam pemilihan pondasi adalah sebagai berikut.



Gambar 4. Alternatif Pemilihan Pondasi

Seperti terlihat pada bentuk diagram tersebut bahwa pilihan alternatif pondasi yang nilainya paling tinggi adalah pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL) dengan bobot nilai sebesar 0,58, sedangkan yang terendah adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*). Apabila diurutkan dari yang tertinggi hingga yang terendah yaitu pondasi sarang laba-laba (KSLL) 0,58, pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*) dengan bobot 0,22 dan yang terakhir adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*) 0,19.

2. Pembahasan

Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pondasi yang sesuai untuk dijadikan pilihan pondasi pada pembangunan Gedung UPTD Puskesmas Batoh Provinsi Aceh yaitu pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL). Sesuai dengan urutan prioritas yaitu pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL) dengan bobot nilai sebesar 0,58, sedangkan yang terendah adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*). Apabila diurutkan dari yang tertinggi hingga yang terendah yaitu pondasi sarang laba-laba (KSLL) 0,58, pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*) dengan bobot 0,22 dan yang terakhir adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*) 0,19.

Adapun komparasi dari ketiga jenis alternatif pemilihan pondasi dapat diuraikan kelebihan dan kekurangan dari masing-masing pondasi sesuai dengan kriteria-kriteria yang digunakan dalam pemilihan pondasi yang ramah gempa yaitu untuk pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*). Kelebihan pondasi ini dilihat dari aspek lingkungan, proses pengerjaannya tidak menyebabkan getaran di lokasi sekitar, juga tidak mencemari udara, tidak mengotori lokasi pengerjaan dan tidak menyebabkan bising. Dari segi aspek kondisi lapangan daya dukung aktual dapat dilihat dan diawasi langsung menggunakan monitor yang telah diletakkan pada alat pondasi tersebut saat pengerjaan sedang berlangsung. Apabila lokasi pelaksanaan terbatas seperti padat penduduk atau lingkungan sekitar terbatas seperti pada *basement*, *ground floor*, alat *Hydraulic Jack In* dapat dibongkar pasang menjadi beberapa bagian sehingga mudah dibawa masuk atau dibawa keluar lokasi pelaksanaan proyek (W. Jawat, 2016). Dalam aspek ekonomis pondasi ini juga memiliki harga yang ekonomis dikarenakan teknologi pondasi ini tidak membutuhkan pemasangan tulangan yang lebih untuk menahan beban pada kepala tiang pancang. Sedangkan kekurangan dari pondasi ini yaitu jika pada lapisan tanah terdapat tanah keras atau bebatuan mengenai ujung kepala pondasi, maka akan terjadi kegagalan dalam proses pemasangan, dan juga untuk memancang pada satu titik dan titik lainnya jika jaraknya jauh, proses mobilisasi alat sangat lambat. Dari segi aspek kondisi tanah apabila dalam keadaan kondisi tanah yang lunak akan mengalami kesulitan dalam memobilisasi alat ke lokasi karena berat dari alat itu sendiri mencapai 360 ton, dan jika daya dukung tanah yang berbeda-beda pada permukaan lokasi kerja dapat mengakibatkan alat tiang pancang miring dan dapat jatuh sehingga mengganggu keselamatan para pekerja.

Pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*) memiliki kelebihan yaitu dari segi aspek lingkungan proses pemasangan *Bored Pile* ini bebas dari getaran dan tidak bising, juga tidak mencemari udara serta tidak membahayakan lingkungan di sekitar proyek. Dari segi aspek ekonomis untuk pekerjaan beton dan penulangan dowel dalam tiang penutup (*pile cap*) jadi berkurang. Ditinjau dari aspek pelaksanaan proses pemancangan *Bored Pile* dapat melewati lapisan tanah keras atau bebatuan. Untuk diameter tiang *Bored Pile* dapat dibesarkan diperuntukkan daya dukung menjadi lebih tinggi. Dalam hal aspek kondisi tanah pondasi *Bored Pile* dapat dikerjakan pada jenis tanah lunak, berair maupun tanah keras. Sedangkan kekurangan pondasi *Bored Pile* ini yaitu untuk proses pengerjaan pondasi ini dibutuhkan operator yang handal dan profesional yang telah terbiasa bekerja menyesuaikan kondisi medan yang sulit agar proses pengerjaan lancar. Dari segi aspek pelaksanaan proses pengerjaan sangat tergantung oleh cuaca. Apabila keadaan cuaca tidak baik akan memperburuk proses pengerjaan (I. W. Jawat et al., 2020).

Pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL) memiliki kelebihan yaitu pondasi ini dari segi tingkat kekakuan lebih bagus dikarenakan penggunaan alat dan bahan yang lebih hemat jika dibandingkan pondasi yang lain. Dari aspek kondisi tanah pondasi KSLL ini juga bisa mengecilkan tingkat penurunan *differential settlement* dan mengurangi *irregular differential settlement* karena penurunan terjadi secara merata (Palbeno et al., 2018). Daya tahan terhadap gempa baik, karena sudah banyak dipakai pada lokasi rawan gempa seperti Aceh, Bengkulu, dan Sumatera Barat. Dapat menjadikan tanah sebagai bagian dari struktur pondasi, dikarenakan dalam proses pemadatan akan menghilangkan pengaruh lipat atau lateral *buckling* pada *rib*. Pondasi ini juga memiliki tingkat kestabilan dan tahanan samping yang tinggi. Dari segi aspek lingkungan pondasi ini tidak menimbulkan kebisingan karena tidak menggunakan alat berat dan juga padat karya yaitu dapat memberikan lapangan pekerjaan dalam jumlah cukup besar dan tidak membutuhkan tenaga ahli khusus. Dalam aspek ekonomis pondasi ini juga lebih ekonomis karena tidak banyak menggunakan baja tulangan ataupun beton bertulang, karena massa terdiri dari 85% tanah urug dan pasir yang dipadatkan dan 15 % beton bertulang. Pondasi ini juga tidak terlalu banyak galian tanah sehingga tidak mencemari udara dan lebih bersih. Waktu pelaksanaan yang relatif singkat sehingga efisiensi waktu pelaksanaan karena dilakukan dengan cara padat karya (Magfira et al., n.d.).

Sedangkan kekurangan dari KSLL secara teknis dan hukum, pondasi KSLL merupakan produk yang dipatenkan oleh PT. Katama Surya Bumi sehingga desain dan pelaksanaan hanya boleh dilakukan oleh pemegang paten, bentuk konstruksi yang unik, sehingga hanya dapat dilaksanakan oleh tukang/ pekerja yang profesional dan telah dilatih oleh pemegang paten.

V. KESIMPULAN

1. Kesimpulan

Dalam pemilihan alternatif pondasi perlu dipertimbangkan banyak hal kriteria agar memberikan hasil yang baik serta aman dalam proses pembangunan. Proses pembangunan Gedung UPTD Puskesmas Batoh Provinsi Aceh telah dilakukan telaahan awal data oleh pengambil kebijakan serta dilakukan lagi pemilihan alternatif pondasi ramah gempa dengan melihat kriteria dan sub kriteria yang sesuai dalam menentukan pilihan pondasi ramah gempa menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Dari hasil penelitian didapat nilai bobot kriteria dengan urutan paling tinggi hingga paling rendah yaitu kondisi tanah 0,51, aspek ekonomis 0,27, aspek pelaksanaan 0,12, aspek lingkungan 0,06 dan aspek kondisi lapangan 0,04. Untuk alternatif pilihan pondasi yang tepat untuk digunakan dalam pembangunan Gedung UPTD Puskesmas Batoh Provinsi Aceh adalah pondasi konstruksi sarang laba-laba (KSLL), dengan urutan prioritas alternatif pilihan yaitu pondasi sarang laba-laba (KSLL) 0,58, pondasi tiang sistem bor (*Bored Pile*) dengan bobot 0,22 dan yang terakhir adalah pondasi tiang pancang sistem hidrolik (*Hydraulic Jack In*) 0,19.

2. Saran

Untuk penelitian lanjutan sebaiknya lebih memperluas wilayah-wilayah gedung yang akan dibangun di kawasan khususnya daerah rawan gempa dan tsunami dengan mempertimbangkan pondasi-pondasi alternatif pilihan yang ramah gempa sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih spesifik dan lebih baik lagi dalam penanganan bencana gempa dan tsunami.

REFERENSI

- Asadabadi, M. R., Chang, E., & Saberi, M. (2019). Are MCDM Methods Useful? A Critical Review of Analytic Hierarchy Process (AHP) and Analytic Network Process (ANP). *Cogent Engineering*, 6(1), 1623153.
- Badri Ahmadi, H., Hashemi Petrudi, S. H., & Wang, X. (2017). Integrating Sustainability Into Supplier Selection with Analytical Hierarchy Process and improved Grey Relational Analysis: A Case of Telecom Industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90, 2413–2427.
- Balali, V., Zahraie, B., & Roozbahani, A. (2014). A Comparison of AHP and PROMETHEE Family Decision Making Methods for Selection of Building Structural System. *American Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(5), 149–159.
- Caksono, E. T., & Mu'afata, A. Y. (2002). *Evaluasi Pemilihan Jenis Pondasi pada Proyek Janti Fly Over dengan Metode AHP*.
- Erliana, H., Agustian, K., Yusra, C. L., & Hasan, E. I. (2022). Penentuan Jalur Evakuasi Horizontal Menggunakan

- Analisis Skala Prioritas Pemilihan Alternatif Ruas Jalan pada Kabupaten Aceh Barat. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil Dan Perencanaan*, 5(4).
- Erliana, H., Yusra, C. L., & Rizka, F. (2020). Analisis Kinerja Jalan pada Ruas Jalan Lintas Meulaboh–Tapak Tuan Kabupaten Nagan Raya. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(1), 1–10.
- Faisal, R., Mutiawati, C., & Salmannur, A. (2020). Analisis Kinerja Angkutan Kota dalam Provinsi di Provinsi Aceh Berdasarkan Pendekatan Load Factor. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 1(2), 38–44.
- Fatimah, A., & Randa, B. J. (2021). Analisis Persepsi Masyarakat terhadap Dampak pada Proyek Pembangunan Gedung Trans Studio Mall Kota Banda Aceh terhadap Lingkungan. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 3(1), 35–45.
- Fauziah, F., Fatimah, E., & Syamsidik, S. (2014). Penilaian Tingkat Risiko Bencana Tsunami Untuk Kawasan Kota Banda Aceh Berdasarkan Skenario Tsunami Desember 2004. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 145–156.
- Hartono, W., Sugiyarto, S., & Lanjari, L. (2016). Pemilihan Alternatif Jenis Pondasi Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)(Studi Kasus Proyek Pembangunan Laboratorium Fakultas Pertanian UNS Surakarta). *Matriks Teknik Sipil*, 4(2).
- Iqbal Hasan, M. M. (2002). Pokok-pokok Materi Teori Pengambilan Keputusan. *Jakarta: Ghalia Indonesia*.
- Jawat, I. W., Gita, P. P. T., & Dharmayoga, I. M. S. (2020). Kajian Metoda Pelaksanaan Pekerjaan Pondasi Bored Pile Pada Tahap Perencanaan Pelaksanaan. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(2), 126–142.
- Jawat, W. (2016). Metode Pelaksanaan Pekerjaan Tiang Pancang Sistem Hidraulic Jack In (Studi: Proyek KCU BCA Sunset Road Bali). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 5(1), 43–52.
- Luhur IV, J. P., & Duwur–Semarang, B. (n.d.). *Analisa Studi Penggunaan Ahp Pada Pengambilan Keputusan Pemilihan Jenis Sub Struktur Pada Proyek Konstruksi*.
- Magfira, D., Arifin, B., & Rahayu, A. (n.d.). Perencanaan Alternatif Pondasi Konstruksi Sarang Laba-laba pada Palu Grand Mall. *Jurnal Teknik Sipil Dan Infrastruktur*, 4(1).
- Palbeno, W., Rasidi, N., & Pandulu, G. D. (2018). Perencanaan Gedung Perkuliahan 3 lantai dengan Pondasi Sarang Laba-laba di Universitas Timor (TTU). *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 3(1), 59–66.
- Purwanto, S. S. (2012). Konstruksi Pondasi Sarang Laba-Laba Atas Tanah Daya Dukung Rendah Bangunan Bertingkat Tanggung. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1), 51–60.
- Rahmatika, S. (2016). *Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Oil Storage Tank pada Proyek Pembangunan Terminal Transit Baubau di Sulawesi*.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Seni, W., Ismail, N., & Ismail, A. B. (2015). Pendidikan Mitigasi Bencana Berbasis Lingkungan Masyarakat Terhadap Jalur Evakuasi Gempa Bumi Berpotensi Tsunami (Studi Kasus Kecamatan Kuta Alam Kota Banda Aceh). *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 1(2), 93–102.
- Shaskia, N., & Yunita, I. (2021). Evaluasi perilaku masyarakat terhadap kualitas air pada Sungai Krueng Daroy dan Krueng Doy. *VOCATECH: Vocational Education and Technology Journal*, 2(2), 88–94.
- Skibniewski, M. J., & Chao, L.-C. (1992). Evaluation of advanced construction technology with AHP method. *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(3), 577–593.
- Syamsidik, Agus, N., Suryani, O. R., & Mirza, F. (n.d.). *Aceh Pasca Lima Belas Tahun Tsunami (Kilas Balik dan Proses Pemulihan)*.
- Tantyonimpuno, R. S., & Retnaningtias, A. D. (2009). Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada Proses Pengambilan Keputusan Pemilihan Jenis Pondasi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Royal Plaza Surabaya). *Jurnal Teknik Sipil Unika Soegijapranata*, 3(2), pp-77.
- Yeh, H., Barbosa, A. R., Ko, H., & Cawley, J. G. (2014). Tsunami loadings on structures: Review and analysis. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(34), 4.