



Analisis Risiko Proyek PLTN Kalbar dengan Pendekatan Model AHP dan PMBOK

Imam Bastori*¹, Sriyana¹

¹Pusat kajian Sistem Energi Nuklir, BATAN, Jl. Kuningan Barat Mampang Prapatan, Jakarta Selatan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:
20 Juli 2020
Diterima dalam bentuk revisi:
14 Agustus 2020
Disetujui:
31 Agustus 2020

Kata kunci:

Proyek PLTN
Risiko
AHP
PMBOK

ABSTRAK

ANALISIS RISIKO PROYEK PLTN KALBAR DENGAN PENDEKATAN MODEL AHP DAN PMBOK. Indonesia berencana membangun PLTN di Kalimantan Barat. Sebagai mega proyek, pembangunan PLTN memiliki kompleksitas yang tinggi dan risiko yang besar. Sebelum PLTN dikonstruksi, tahapan penting yang harus dijalankan adalah melakukan analisis risiko proyek PLTN. Secara umum analisis risiko proyek terdiri dari analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Dalam penelitian ini dilakukan analisis risiko kuantitatif dengan menggunakan pendekatan kombinasi model AHP dan model PMBOK. Model AHP digunakan untuk menentukan bobot masing-masing faktor risiko sedangkan model PMBOK digunakan untuk menetapkan nilai kuantitatifnya. Dengan kombinasi model ini maka akan dapat menentukan nilai risiko biaya, waktu, lingkup proyek dan kualitas dan pada sisi lain dapat ditelusuri kontribusi masing-masing faktor risiko terhadap risiko proyek total. Analisis risiko ini akan sangat membantu proyek dalam memetakan ketidakpastian dan menyusun mitigasi yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah tersebut. Dalam penelitian ini menggunakan studi kasus proyek PLTN dengan model kontrak EPC. Hasil analisis menunjukkan bahwa risiko finansial memberikan kontribusi yang besar pada kenaikan biaya dan waktu pelaksanaan proyek, dan menurunkan kemampuan pada pencapaian lingkup proyek dan kualitas proyek. Lingkup proyek menjadi parameter yang paling terpengaruh oleh adanya risiko sedangkan kualitas merupakan parameter yang paling kecil terpengaruh oleh risiko. Adanya risiko menyebabkan kenaikan biaya proyek antara 10% - 20%, kenaikan waktu (durasi) pelaksanaan 5% - 10%.

ABSTRACT

RISK ANALYSIS OF KALBAR NPP PROJECTS USING AHP AND PMBOK MODEL APPROACHES. Indonesia plans to build a nuclear power plant in West Kalimantan. As a mega project, the construction of nuclear power plant has a high complexity and a great risk. Before a nuclear power plant is constructed, an important stage that must be carried out is to conduct a risk analysis of a nuclear power plant project. General project risk analysis consists of qualitative analysis and quantitative analysis. In this study quantitative risk analysis was carried out using a combination of the AHP model and the PMBOK model. The AHP model is used to determine the weight of each risk factor while the PMBOK model is used to determine the quantitative value. With this combination of models it will be able to determine the value of risk, time, scope of project and quality and on the other hand each risk factor can be traced to the total project risk. This risk analysis will greatly assist the project in mapping and compiling the mitigations needed to solve the problem. This research uses a case study of a NPP project with the EPC contract model. The results of the analysis show that financial problems make a large contribution to increasing the cost and time of project implementation, and decreasing ability when calculating improving project performance and project quality. Project scope becomes the most determining parameter due to risk while quality is the smallest parameter caused by risk. There is a risk of increasing the increase in project costs between 10% - 20%, increasing the time (duration) of implementation of 5% - 10%.

Keywords: NPP project, risk, AHP, PMBOK

© 2020 Jurnal Pengembangan Energi Nuklir. All rights reserved

1. PENDAHULUAN

Indonesia berencana membangun proyek PLTN di Kalimantan Barat (Kalbar) sebagai upaya untuk substitusi energi dan transfer teknologi. Proyek PLTN merupakan aktivitas yang rumit dan penuh ketidakpastian [1]. Sebagai mega proyek, pembangunan PLTN memiliki kompleksitas yang tinggi dan risiko

yang besar. Berbagai permasalahan akan muncul dalam pelaksanaan proyek, seperti masalah manajemen komunikasi, manajemen para pemangku kepentingan, manajemen biaya, manajemen penjadwalan, manajemen kualitas, manajemen SDM, perubahan proyek, manajemen perencanaan, eksekusi proyek, manajemen konstruksi, dan lainnya. Semua permasalahan tersebut akan menyumbang pada

*Penulis korespondensi.
E-mail: imbas@batan.go.id

besarnya ketidakpastian proyek PLTN. Mengingat hal tersebut maka sebelum PLTN mulai dikonstruksi, tahapan penting yang harus dijalankan adalah melakukan analisis risiko proyek. Analisis ini akan memberikan gambaran menyeluruh kemungkinan terjadinya risiko pada pelaksanaan proyek PLTN dengan demikian dapat dipersiapkan berbagai mitigasi yang diperlukan guna mengatasi risiko yang mungkin timbul.

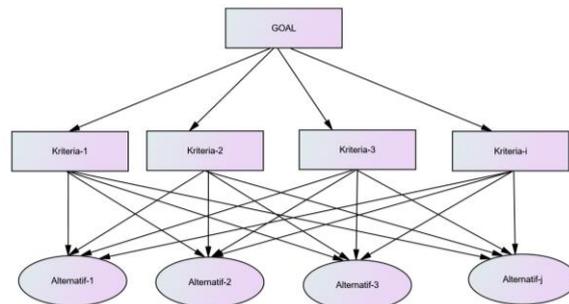
Secara umum analisis risiko proyek terdiri dari analisis kualitatif dan analisis kuantitatif. Ada berbagai pendekatan dalam analisis risiko, misalnya pendekatan dengan model Matriks Segi Empat Boston, Monte Carlo, AHP (*Analytical Hierarchy Process*), dan PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*). Matriks Segi Empat Boston umumnya digunakan untuk melakukan analisis risiko secara kualitatif[2]. Model Monte Carlo digunakan untuk analisis risiko kuantitatif dengan keluaran berupa nilai risiko total dari proyek [3]. Model AHP digunakan pada analisis risiko kuantitatif untuk memperoleh bobot risiko secara berjenjang[4]. Model yang dikembangkan oleh PMBOK dapat digunakan untuk analisis risiko kualitatif maupun kuantitatif[5]. Untuk aspek kuantitatif keluaran dari model yang diinginkan harus mampu menampilkan nilai risiko biaya, waktu, lingkup proyek dan kualitas[6]. Model Matriks Boston, Monte Carlo dan AHP sudah pernah diterapkan pada berbagai analisis risiko. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan lain yaitu mengkombinasikan model AHP dan PMBOK dengan tujuan agar dapat mengukur secara kuantitatif besarnya risiko pada biaya, waktu, lingkup proyek, dan kualitas, dan pada sisi lain dapat menelusuri besarnya kontribusi masing-masing faktor risiko terhadap risiko total. Makalah ini menggunakan studi kasus proyek PLTN dengan kontrak model EPC (*Engineering, Procurement, Construction*).

2. DASAR TEORI

2.1 Analytical Hierarchy Process (AHP)

AHP, sebagai suatu model pendukung keputusan, secara runtut akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang

kompleks menjadi suatu hierarki, hierarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternative[7]. Dengan hierarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hierarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis. AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty sebagai suatu upaya untuk menyelesaikan permasalahan yang rumit dan kompleks. Model AHP cukup baik untuk diterapkan pada analisis risiko agar dapat dirunut kontribusi masing-masing faktor risiko pada risiko total[8].



Gambar 1. Struktur dekomposisi AHP [3]

Secara umum terdapat tiga prinsip pokok yang selalu digunakan dalam melakukan analisis menggunakan metode AHP[7]. Prinsip penyusunan hierarki, prinsip ini untuk memperoleh pengetahuan yang rinci, dalam hal ini pikiran kita menyusun realitas yang kompleks ke dalam bagian yang menjadi elemen pokoknya, kemudian bagian kendala dan bagian lainnya secara hierarki. Prinsip menentukan prioritas, dalam hal ini prioritas ditentukan berdasarkan pandangan para pakar atau pihak-pihak terkait yang berkompeten terhadap pengambilan keputusan, baik secara langsung maupun tidak langsung[9]. Prinsip konsistensi logis, dalam mempergunakan prinsip ini, AHP menerapkan aspek kualitatif maupun kuantitatif untuk mengekspresikan penilaian dan preferensi secara ringkas dan padat, di sisi lain aspek kualitatif juga dipakai untuk mendefinisikan persoalan dan hierarkinya[9].

Ada empat prinsip yang dapat digunakan dalam melakukan analisis menggunakan metode AHP, yaitu dekomposisi, penilaian secara komparatif, sintesis prioritas, dan konsistensi

secara logis [5]. Prinsip dekomposisi merupakan pemecahan persoalan-persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya ke bentuk hierarki proses pengambilan keputusan dimana setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Prinsip penilaian secara komparatif, memberikan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat yang di atasnya. Prinsip sintesis prioritas, menyajikan matriks *pairwise comparison* yang kemudian dicari eigen vektornya untuk mendapatkan *local priority*[10]. Prinsip konsistensi logis, merupakan karakteristik yang paling penting. Hal ini dapat dicapai dengan mengagresikan seluruh *vector eigen* yang diperoleh dari

tingkatan hierarki dan selanjutnya diperoleh suatu vector composite tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan[11].

2.2 Pendekatan Risiko Kuantitatif Menurut PMBOK

Melakukan analisis risiko kuantitatif adalah proses menganalisis secara numerik efek risiko yang diidentifikasi pada keseluruhan tujuan proyek[12]. Manfaat utama dari proses ini adalah menghasilkan informasi risiko kuantitatif untuk mendukung pengambilan keputusan dengan tujuan untuk mengurangi ketidakpastian proyek [11].

Tabel 1. Skala Dampak [12]

| Sasaran Proyek | Skala Relatif / Numerik | | | | |
|------------------------|--|--|--|--|--|
| | VL/0.05 | L/0.1 | M/0.2 | H/0.4 | VH/0.8 |
| Biaya | Kenaikan biaya tidak berarti | Kenaikan biaya <10% | Kenaikan biaya 10% - 20% | Kenaikan biaya 20% - 40% | Kenaikan biaya >40% |
| Waktu | Kenaikan waktu tidak berarti | Kenaikan waktu <5% | Kenaikan waktu 5% - 10% | Kenaikan waktu 10% - 20% | Kenaikan waktu >20% |
| Lingkup (Scope) Proyek | Penurunan <i>scope</i> nyaris tidak nampak | Mempengaruhi pada area <i>scope</i> yang kecil | Mempengaruhi pada area <i>scope</i> yang besar | Pengurangan <i>scope</i> tidak dapat diterima oleh sponsor/pemilik | Item akhir proyek secara efektif tidak berguna |
| Kualitas | Penurunan kualitas nyaris tidak nampak | Cuma aplikasi yang sangat menuntut terpengaruh | Pengurangan kualitas membutuhkan persetujuan sponsor/pemilik | Pengurangan kualitas tidak dapat diterima oleh sponsor/ pemilik | Item akhir proyek secara efektif tidak berguna |

Analisis risiko kuantitatif dilakukan pada risiko yang telah diprioritaskan oleh hasil analisis risiko kualitatif yang berpotensi dan secara substansi memengaruhi kemampuan bersaing proyek. Analisis risiko kuantitatif secara umum menganalisis pengaruh berbagai risiko terhadap tujuan proyek [13]. Hal ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh agregat dari keseluruhan risiko yang mempengaruhi proyek[13]. Ketika risiko mendorong pada penerapan proses analisis kuantitatif, maka proses tersebut dapat digunakan untuk menetapkan peringkat prioritas numerik risiko tersebut secara individual [13].

Kualitas dan kredibilitas analisis risiko mensyaratkan adanya definisi probabilitas dan dampaknya dimana probabilitas dan dampak risiko didefinisikan secara spesifik sesuai dengan konteks proyek[13]. Secara umum definisi tingkat probabilitas dan dampak disesuaikan dengan masing-masing proyek[14]. Tabel 1 adalah contoh definisi dampak negatif yang dapat digunakan dalam mengevaluasi dampak risiko yang terkait dengan empat tujuan proyek yaitu biaya, waktu, lingkup proyek, dan kualitas. (Tabel serupa juga dapat dibuat dengan perspektif dampak positif). Tabel 1 menggambarkan pendekatan nilai relatif dan numerik.



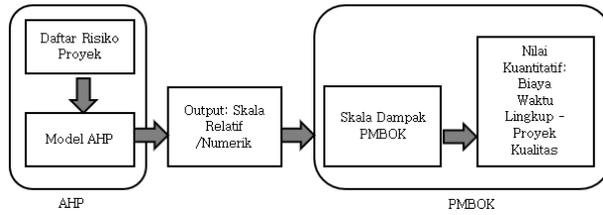
Gambar 2. Bagan analisis risiko kuantitatif [12]

3. METODOLOGI

Tahap pertama membuat model AHP risiko proyek PLTN menggunakan piranti lunak *Expert Choice Comparion (EC Comparion)*. Model AHP kemudian dikirimkan kepada penilai

(narasumber) lewat email dalam bentuk *link*. Narasumber akan melakukan penilaian dengan *expert judgement* dimana hasil penilaian ini akan terkumpul dalam sistem database EC Comparion yang selanjutnya akan diolah pada bagian SYNTHESIZE. Proses tahap ini adalah untuk mendapatkan bobot factor risiko proyek PLTN dan bobot risiko sasaran proyek PLTN yang mencakup Biaya, Waktu, Lingkup Proyek dan Kualitas. Selanjutnya bobot risiko sasaran proyek diinterpretasikan sebagai skala relatif atau numerik. Tahap kedua mengintegrasikan hasil tahap pertama kedalam tabel Skala Dampak PMBOK (Tabel 1) untuk memperoleh risiko kuantitatif dari masing-masing parameter proyek. Selanjutnya dilakukan analisis untuk mendapatkan gambaran menyeluruh terhadap risiko proyek.

Dalam analisis ini daftar risiko proyek PLTN menggunakan pendekatan daftar risiko proyek pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Indonesia dengan kontrak EPC [15].



Gambar 3. Bagan alir metodologi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

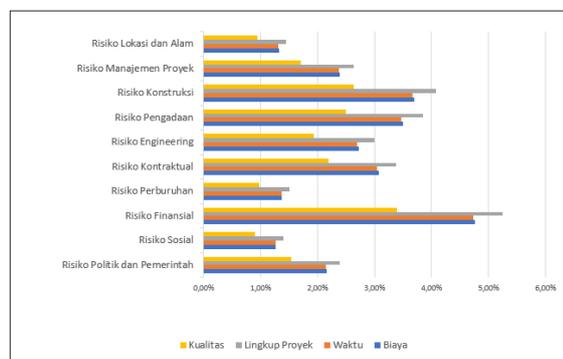
Dengan menggunakan dasar asumsi seperti telah dijelaskan sebelumnya maka pada studi kasus proyek PLTN dengan model kontrak EPC ada 9 risiko utama yang muncul yaitu risiko politik dan pemerintah, risiko sosial, risiko finansial, risiko perburuhan, risiko kontraktual, risiko *engineering*, risiko pengadaan, risiko konstruksi, risiko manajemen proyek, dan risiko lokasi dan alam. Tabel 2 menampilkan hasil penilaian risiko dengan menggunakan model AHP.

Tabel 2. Hasil penilaian risiko menggunakan model AHP

| Daftar Risiko Proyek | Nilai Risiko | | | |
|-------------------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|
| | Biaya | Waktu | Lingkup Proyek | Kualitas |
| Risiko Politik dan Pemerintah | 2.17% | 2.15% | 2.39% | 1.55% |
| Risiko Sosial | 1.27% | 1.26% | 1.40% | 0.90% |
| Risiko Finansial | 4.77% | 4.73% | 5.25% | 3.40% |
| Risiko Perburuhan | 1.38% | 1.37% | 1.52% | 0.98% |
| Risiko Kontraktual | 3.07% | 3.05% | 3.38% | 2.19% |
| Risiko Engineering | 2.72% | 2.70% | 2.99% | 1.94% |
| Risiko Pengadaan | 3.50% | 3.47% | 3.85% | 2.49% |
| Risiko Konstruksi | 3.70% | 3.67% | 4.07% | 2.64% |
| Risiko Manajemen Proyek | 2.39% | 2.38% | 2.63% | 1.71% |
| Risiko Lokasi dan Alam | 1.32% | 1.31% | 1.45% | 0.94% |
| Total | 26.29% | 26.09% | 28.93% | 18.73% |

Dari Tabel 2 dan gambar 4 nampak bahwa besarnya risiko biaya pada proyek PLTN dengan kontrak model EPC nilainya sekitar 26,29%. Dari nilai risiko tersebut kontribusi terbesar datang dari aspek risiko finansial yang menyumbangkan nilai sekitar 4,77% sedangkan risiko sosial menyumbangkan nilai risiko paling kecil yaitu sekitar 1,27%. Nilai risiko waktu dengan model kontrak ini adalah 26,09%, dari nilai risiko ini kontribusi terbesar juga datang dari risiko finansial dengan nilai 4,73%, demikian juga untuk nilai risiko lingkup proyek dan kualitas yang masing-masing besarnya 28,93% dan 18,73% kontribusi terbesar tetap berasal dari risiko finansial dengan nilai 5,25% dan 3,40%. Dari fakta ini nampak jelas bahwa risiko finansial memiliki pengaruh yang sangat besar pada tujuan akhir proyek. Oleh karena itu

masalah finansial harus menjadi konsen utama dalam manajemen risiko proyek.



Gambar 4. Perbandingan nilai risiko

Berdasarkan tabel 2 nilai risiko tertinggi berada pada parameter lingkup proyek dengan nilai total 28,93%. Hal ini mengindikasikan

bahwa parameter sasaran proyek ini yang paling rentan terhadap risiko dibandingkan dengan parameter lainnya seperti biaya, waktu dan kualitas. Hal ini terjadi karena sudah menjadi kebiasaan ketika terjadi risiko maka yang paling sederhana risiko itu diarahkan pada lingkup proyek agar tidak mengganggu biaya, kualitas dan waktu. Dengan kata lain ketika proyek sedang mengalami risiko yang berat maka kontraktor tidak akan mengorbankan sisi finansial, waktu dan kualitas akan tetapi lebih baik proyek diberhentikan atau mangkrak. Dari tabel 2 juga terlihat, parameter kualitas memiliki nilai risiko yang paling kecil hanya sekitar 18,73% sehingga dapat dianggap sebagai parameter sasaran proyek yang paling tahan terhadap terjadinya risiko. Fakta ini sekaligus memberikan argumen bahwa apapun yang terjadi pada proyek PLTN maka kualitas tidak bisa dikorbankan, akan lebih bijaksana dengan mengorbankan lingkup proyek, biaya, dan waktu. Hal ini menjadi jaminan bahwa pada proyek PLTN parameter kualitas memiliki prioritas yang sangat penting dalam proyek.

Tabel 3. Nilai risiko sasaran proyek PLTN Kalbar

| Sasaran Proyek | Nilai Relatif | Nilai Risiko |
|----------------|---------------|--|
| Biaya | 0.26 | Kenaikan biaya 10% - 20% |
| Waktu | 0.26 | Kenaikan waktu 5% - 10% |
| Lingkup Proyek | 0.29 | Mempengaruhi lingkup proyek yang besar |
| Kualitas | 0.19 | Pengurangan kualitas membutuhkan persetujuan sponsor/pemilik |

Tabel 3 merupakan hasil sintesis tabel 1 dan 2, yaitu mengkombinasikan keluaran model AHP dengan pendekatan PMBOK. Dengan cara ini maka dapat diwujudkan nilai kuantitatif dari proyek PLTN. Dengan nilai relatif 0,26 parameter biaya memiliki risiko kenaikan biaya proyek minimal 10% dan maksimal 20%. Kenaikan ini dalam pembiayaan proyek akan diwujudkan dalam bentuk biaya kontingensi atau biaya tak terduga sebagai suatu upaya untuk melindungi proyek (*hedging*) atas kenaikan biaya. Sasaran proyek berupa waktu memiliki nilai relatif 0,26, nilai ini secara kuantitatif setara kenaikan waktu pelaksanaan proyek 5% - 10%. Dengan hasil ini maka dalam penjadwalan proyek PLTN harus ditambahkan kelonggaran waktu antara 5% - 10%. Tambahan waktu ini adalah sebagai suatu cara

untuk melindungi proyek dari kekurangan waktu.

Pada lingkup proyek, dengan nilai relatif 0,29 setara dengan adanya pengaruh risiko pada cakupan pekerjaan yang cukup besar. Hasil ini memberikan gambaran bahwa risiko akan berdampak cukup signifikan pada lingkup proyek. Masalah ini muncul sebagai akibat dari kontribusi risiko biaya dan waktu baik secara tunggal maupun kombinasi terhadap lingkup proyek. Parameter kualitas memiliki nilai relatif 0,19 artinya bahwa pengurangan kualitas sebagai dampak dari kenaikan biaya, waktu dan lingkup proyek yang terganggu harus membutuhkan persetujuan dari sponsor/pemilik proyek. Inilah alasan mengapa parameter kualitas cukup tangguh terhadap risiko karena mendapat perlindungan yang kuat dan memadai dari sponsor/pemilik proyek.

Gambar 4 menunjukkan perbandingan nilai risiko dari masing-masing faktor risiko. Nampak jelas dari gambar tersebut ada 3 faktor risiko tinggi yaitu risiko finansial, risiko konstruksi, dan risiko pengadaan. Ada 4 faktor risiko moderat yang meliputi risiko kontraktual, risiko *engineering*, risiko manajemen proyek, dan risiko politik dan pemerintah.

Selain itu ada 3 faktor risiko rendah yang mencakup risiko sosial, risiko perburuhan, dan risiko lokasi dan alam. Faktor risiko tinggi dan moderat harus menjadi perhatian serius bagi pemilik proyek dan kontraktor agar dapat disiapkan mitigasi yang tepat, dengan cara tersebut akan lebih mudah untuk mencapai tujuan proyek.

5. KESIMPULAN

Risiko finansial memberikan dampak yang besar pada kenaikan biaya proyek, waktu (durasi) pelaksanaan proyek, lingkup proyek dan kualitas proyek sedangkan risiko sosial berdampak cukup kecil terhadap tujuan proyek. Lingkup Proyek merupakan parameter tujuan proyek yang paling terdampak oleh adanya risiko dibandingkan dengan parameter Biaya, Waktu (durasi), dan Kualitas. Kenaikan Biaya proyek PLTN sebagai dampak dari risiko berkisar antara 10% - 20%, kenaikan ini akan dilindungi (*hedging*) dalam bentuk biaya kontingensi (biaya tak terduga). Kenaikan Waktu (durasi) pelaksanaan proyek PLTN

berkisar antara 5% - 10% akan dilindungi dengan mengalokasikan waktu lebih 5% - 10% pada penjadwalan proyek PLTN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sriyana, M.T. sebagai Kepala Bidang Kajian Infrastruktur PKSEN yang memberi saran perbaikan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. I. Bastori and M. D. Birmano, "Analisis Penerapan Manajemen Risiko Finansial Pada Proyek PLTN Di Indonesia," *J. Pengemb. Energi Nukl.*, vol. 14, pp. 34-44, 2012.
- [2]. I. Bastori and E. Liun, "Penilaian Tingkat Risiko Pada Proyek PLTN," 2018, no. September, pp. 1-10.
- [3]. M. S. Kim, E. B. Lee, I. H. Jung, and D. Alleman, "Risk assessment and mitigation model for overseas steel-plant project investment with analytic hierarchy process-fuzzy inference system," *Sustain.*, vol. 10, no. 12, 2018, doi: 10.3390/su10124780.
- [4]. M. M. Hossen, S. Kang, and J. Kim, "Construction schedule delay risk assessment by using combined AHP-RII methodology for an international NPP project," *Nucl. Eng. Technol.*, vol. 47, no. 3, pp. 362-379, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.net.2014.12.019>.
- [5]. A. M. Abudeif, A. A. Abdel Moneim, and A. F. Farrag, "Multicriteria decision analysis based on analytic hierarchy process in GIS environment for siting nuclear power plant in Egypt," *Ann. Nucl. Energy*, vol. 75, pp. 682-692, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2014.09.024>.
- [6]. P. Li, L. Zhang, L. Dai, Y. Zou, and X. Li, "An assessment method of operator's situation awareness reliability based on fuzzy logic-AHP," *Saf. Sci.*, vol. 119, pp. 330-343, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.08.007>.
- [7]. T. Bani-Mustafa, Z. Zeng, E. Zio, and D. Vasseur, "A new framework for multi-hazards risk aggregation," *Saf. Sci.*, vol. 121, pp. 283-302, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.043>.
- [8]. P. Li, X. Li, L. Zhang, and L. Dai, "A validation research on fuzzy logic-AHP-based assessment method of operator's situation awareness reliability," *Saf. Sci.*, vol. 119, pp. 344-352, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.007>.
- [9]. T. L. Saaty, "Decision Making with The Analytic Hierarchy Process," *Int. J. Serv. Sci.*, vol. 1, No. 1, no. 4, pp. 283-290, 2008, doi: 10.1016/0305-0483(87)90016-8.
- [10]. F. M. MUHARAM, "Assessing Risk for Strategy Formulation in Steel Industry Through Real Option Analysis," *J. Glob. Strateg. Manag.*, vol. 2, no. 5, pp. 5-5, 2011, doi: 10.20460/jgsm.2011515794.
- [11]. W. Hartono, K. Ravesa, and P. Devi, "(Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Hartono Lifestyle Mall Yogyakarta)," no. September, pp. 879-885, 2015.
- [12]. I. Bastori and Nurlaila, "Analisis Risiko Proyek PLTN dengan Pendekatan Kuantifikasi Monte Carlo," in *Prosiding Seminar Nasional Infrastruktur Energi Nuklir*, 2019.
- [13]. P. M. Institute, *A Guide to The Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*. 2013.
- [14]. M. Kassim, G. Heo, and D. S. Kessel, "A systematic methodology approach for selecting preferable and alternative sites for the first NPP project in Yemen," *Prog. Nucl. Energy*, vol. 91, pp. 325-338, 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2016.05.009>.
- [15]. R. Nurthia, *Analisis Risiko Proyek EPC dan Alokasi Dana Kontingensinya (Studi Kasus: PT XYZ, Proyek Pembangkit Uap X)*. 2008.
- [16]. Monica Transkanovia Magna, Widi Hartono, Sugiyarto, Juni 2017, "Analisis Risiko Konstruksi Struktur *Bore Pile* Pada Proyek Dengan Metode AHP", e-JurnalMatriks Teknik Sipil/Juni 017/598
- [17]. IAEA Nuclear Energy Series, "Project Management in Nuclear Power Plant Construction: Guidelines and Experience", No. NP-T-2.7
- [18]. Thomas L. Saaty, 2005, "Theory and Applications of the Analytic Network Process: Decision Making with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks", 352 pp., RWS Publications, ISBN 1-88603-06-2.
- [19]. Thomas L. Saaty, 2005, "NEW! Creative Thinking, Problem Solving & Decision Making", 267 pp., RWS Publ. (new ed.). ISBN-1-888603-03-8