
Evaluasi Proyek R&D Dalam Utilitas Teratur: Kasus Utilitas Transmisi Daya

Siti Sholikaturun

Universitas Sains Dan Teknologi Komputer

e-mail: sitisholikaturun92@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 20 Februari 2023

Received in revised form 23 Maret 2023

Accepted 02 Mei 2023

Available online 30 Mei 2023

ABSTRACT

Introduction/Main Objective: The main objective of this study is to develop an R&D project selection model based on a holistic approach aligned with strategies, utility objectives, and market conditions in the power transmission sector. At the same time, it identifies, categorizes, and measures factors related to R&D projects in the power sector. Frame analysis becomes a multi-criteria HDM model that considers all aspects related to the R&D project. Background Problem: The selection of an R&D project is very important for many organizations, and it is a complex decision because it is influenced by many factors that vary between organizations due to different goals and conditions. There are limited budgets for investment, and current R&D project selection methods are focused on financial analysis or complex mathematical probabilistic calculations. Novelty: the model of this research is to create methods to help improve the selection of ex-ante R&D projects in regulated organizations especially the utility sector of electricity transmission, which plays one of the most important roles in the overall electric power system. Research Method: HDM (Hierarchical Decision Model) was chosen as the method to evaluate R&D projects in this study. The categories and factors associated with R&D projects in a regulated organization are divided into four levels: 1) Mission, 2) Criteria, 3) Subcriteria, and 4) Alternatives. The model and its application have the potential to apply to non-profit and regulated organizations around the world. Finding Result: The results of this study suggest that alternative weights should differ significantly to exert a considerable effect on alternative settings by changing the criteria weights. In addition to Technical Success, time to market, and strategic fit as the highest-weighted subcriteria, regulation to maintain a high level of reliability is important. Conclusion: Adapting models with different characteristics is a potential area of research. The model used provides quantitative analysis for alternatives based on specific utility, so adapting the model to other scenarios and conditions is important and will be an important step for generalizing the model.

Keywords : *R&D Project, Hierarchical Decision Model, Power Transmission Utility*

ABSTRAK

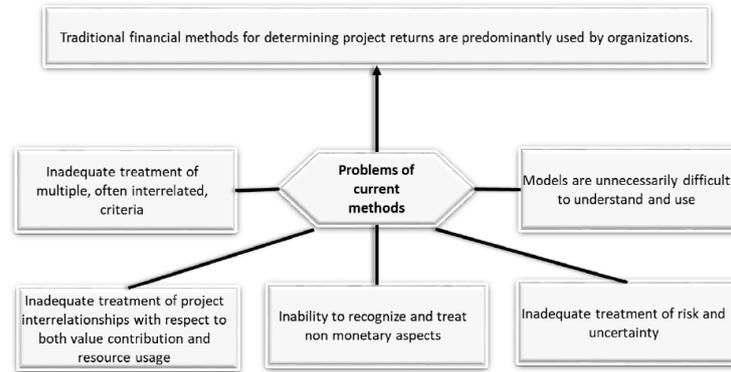
Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan model pemilihan proyek R&D berdasarkan pendekatan holistik yang selaras dengan strategi, tujuan utilitas, dan kondisi pasar di sektor transmisi listrik. Pada saat yang sama, ini mengidentifikasi, mengkategorikan, dan mengukur faktor-faktor yang terkait dengan proyek R&D di sektor ketenagalistrikan. Konsep analisis menjadi model multikriteria HDM yang mempertimbangkan semua aspek yang terkait dengan proyek R&D. Latar belakang masalah: Pemilihan proyek R&D sangat penting bagi banyak organisasi, dan ini merupakan keputusan yang kompleks karena dipengaruhi oleh banyak faktor yang bervariasi antar organisasi karena tujuan dan kondisi yang berbeda. Ada anggaran terbatas untuk investasi, dan metode pemilihan proyek R&D saat ini difokuskan pada analisis keuangan atau perhitungan probabilistik matematis yang rumit. Kebaruan: model penelitian ini adalah untuk membuat metode untuk membantu meningkatkan pemilihan ex-ante proyek R&D di organisasi yang diatur terutama sektor utilitas transmisi listrik, yang memainkan salah satu peran terpenting dalam keseluruhan sistem tenaga listrik. Metode Penelitian: HDM (*Hierarchical Decision Model*) dipilih sebagai metode untuk mengevaluasi proyek R&D dalam penelitian ini. Kategori dan faktor yang terkait dengan proyek R&D dalam organisasi yang diatur dibagi menjadi empat tingkatan: 1) Misi, 2) Kriteria, 3) Subkriteria, dan 4) Alternatif. Model dan penerapannya berpotensi berlaku untuk organisasi nirlaba dan teregulasi di seluruh dunia. Hasil Temuan: Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bobot alternatif harus berbeda secara signifikan untuk memberikan efek yang cukup besar pada setting alternatif dengan mengubah bobot kriteria. Selain *Technical Success, time to market, dan strategic fit* sebagai subkriteria dengan bobot tertinggi, regulasi untuk mempertahankan tingkat reliabilitas yang tinggi menjadi penting. Kesimpulan: Penyesuaian model dengan karakteristik yang berbeda merupakan area penelitian yang potensial untuk dilakukan. Model yang digunakan memberikan analisis kuantitatif untuk alternatif berdasarkan utilitas tertentu, sehingga mengadaptasi model ke skenario dan kondisi lain adalah penting dan akan menjadi langkah penting untuk menggeneralisasi model.

Keyword: *R&D Project, Hierarchical Decision Model, Utilitas Transmisi Daya.*

1. PENDAHULUAN

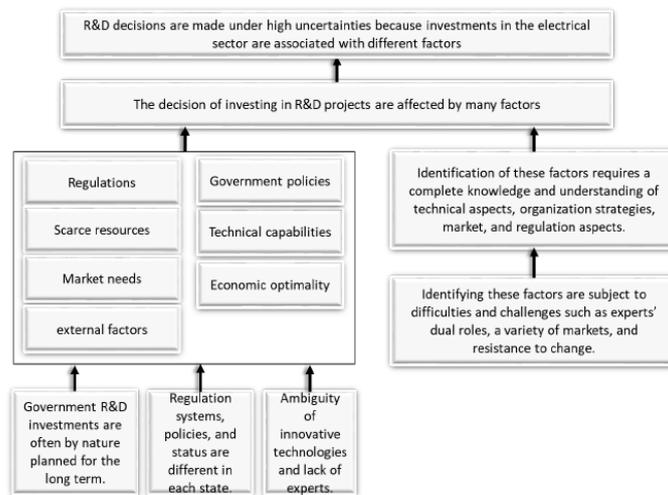
Keputusan untuk memilih proyek R&D rumit karena ada banyak faktor yang terkait, termasuk ketidakpastian, saling ketergantungan antara proyek, batasan anggaran, dan karakteristik siklus hidup proyek dan teknologi. Keputusan R&D dibuat di bawah ketidakpastian yang tinggi karena investasi di sektor kelistrikan terkait dengan peraturan, masalah lingkungan, dan faktor eksternal Jingmei and Peng, (2015), and Massaguer et al., (2015)). Identifikasi semua faktor yang terkait dengan proyek R&D membutuhkan pengetahuan dan pemahaman yang komprehensif tentang aspek teknis, strategi organisasi, kondisi pasar, dan peraturan. Mengidentifikasi faktor-faktor ini tunduk pada kesulitan dan tantangan, seperti peran ganda para ahli dalam mengembangkan dan menerapkan teknologi, berbagai kondisi pasar, dan kurangnya penyesuaian terhadap perubahan. Penggunaan tenaga ahli yang kurang memahami faktor-faktor penting tersebut dapat menyebabkan kesalahan identifikasi dalam proses pengambilan keputusan.

Karakteristik investasi proyek R&D di organisasi publik dan swasta berbeda. Utilitas transmisi listrik berbeda karena didorong oleh karakteristik monopoli alaminya, peraturan, sifat publik dan nirlaba, lingkungan operasi teknis dan bisnis yang berbeda, dan kondisi pasar yang berbeda. Dalam konteks ini, pemilihan proyek R&D dalam organisasi yang diatur perlu memenuhi kebutuhan pasar, kontrak, atau peraturan (Lauritzen, (2014) and Cruz-Reyes et al., (2016)). Secara khusus, utilitas listrik Transmisi dianggap sebagai organisasi nirlaba yang diatur oleh pemerintah, menyiratkan bahwa investasi terkait dengan banyak faktor dan pengaruh pemangku kepentingan yang berkepentingan. Karena utilitas transmisi listrik bersifat publik, pemerintah mendanai R&D dengan menggunakan dana pemerintah murni atau bekerja sama dengan organisasi swasta. Selain itu, pemerintah sering merencanakan investasi R&D untuk tujuan jangka panjang yang mempersulit pemilihan R&D karena ambiguitas teknologi inovatif dan kurangnya tenaga ahli. Akibatnya, hanya menggunakan metode evaluasi keuangan dapat dianggap tidak memadai (Chiang et al., (2008)) dan membuktikan kebutuhan untuk memiliki teknik manajemen portofolio yang berbeda (Lauritzen, (2014), and Cruz-Reyes et al., (2016)).



Gambar 3: Metode Evaluasi-Pemilihan Proyek

Dari perspektif organisasi, prinsip-prinsip peraturan R&D memerlukan pemilihan proyek yang terkait dengan ketidakpastian, berbagai tujuan, dan strategi organisasi. Namun, proyek R&D yang dipilih dapat dikaitkan dengan teknologi yang tidak sesuai dengan tujuan organisasi, dan cocok untuk proyek yang dianggap sebagai kepentingan publik. Akibatnya, efek pengaturan investasi R&D oleh utilitas terkait dengan tingkat investasi yang diperbolehkan, kecepatan inovasi, sifat inovasi, dan manajemen proyek (Costello, (2016)). Investasi jangka panjang adalah karakteristik dari sistem yang kompleks yang memerlukan analisis sub-sistem secara simultan, menyiratkan pemilihan portofolio yang optimal (Lauritzen, (2014)). Akibatnya, organisasi perlu memilih proyek yang berkontribusi pada daya saing jangka panjang (Behrens, (2016)). Pemilihan proyek yang kurang menyebabkan portofolio yang tidak efektif karena metode yang digunakan didasarkan pada pemilihan proyek individu yang sistematis dan bukan untuk keseluruhan portofolio. Dengan demikian, proses pemilihan proyek R&D perlu mempertimbangkan pemilihan proyek dan portofolio R&D di bawah strategi organisasi, perspektif pemangku kepentingan, dan manfaat dan risiko kualitatif proyek (Abbassi et al., (2012)). Pemilihan proyek dan analisis portofolio tidak hanya bergantung pada karakteristik proyek tertentu, tetapi pada konteks yang lebih luas dengan mempertimbangkan profitabilitas, strategi, ketidakpastian, dan aspek sosial (Behrens, (2016)). Alat dan metodologi yang digunakan oleh organisasi terbatas karena tidak sepenuhnya menangkap karakteristik khusus proyek R&D yang berfokus pada sistem tenaga listrik. Metode evaluasi untuk proyek R&D memperlakukan keterkaitan antar proyek secara tidak memadai dan tidak mempertimbangkan keterkaitan beberapa kriteria dan subkriteria. Selain itu, kompleksitas metodologi yang ada membuat sulit untuk memasukkannya ke dalam proses pemilihan teknologi dan membantu para pengambil keputusan (Massaguer et al., (2015)). Metode keputusan investasi R&D bersifat kompleks dan tidak dapat dengan mudah dikembangkan oleh manajer karena beberapa metode menggunakan model matematika kompleks yang tidak dapat diterapkan dalam situasi nyata (Chen and Hung, (2008, pp. 999–1003)). Oleh karena itu, perusahaan memerlukan alat praktis yang membantu mengoptimalkan pemilihan proyek R&D (Kildienė et al., (2015)).



Gambar 4: Keputusan Proyek R&D

Masalah lain yang melekat dalam mengevaluasi proyek R&D adalah ketersediaan informasi untuk membuat keputusan pada titik-titik tertentu dari pengembangan proyek (Jekunen, (2014)). Data muncul secara bertahap selama waktu tersebut dan sebagai konsekuensinya, estimasi awal arus kas untuk suatu periode studi seringkali menunjukkan hasil evaluasi yang tidak dapat diandalkan. Hierarchical Decision Model (HDM) - Analytic Hierarchy Process (AHP) diterapkan berdasarkan konsep adopsi teknologi dan kemudian diterapkan pada sektor ketenagalistrikan. Kriteria sesuai secara langsung dan ketat dengan fundamental teoretis, sedangkan sub-kriteria didasarkan pada studi teoretis dan praktis. Sub-kriteria risiko secara intrinsik digabungkan, diadaptasi, dan didasarkan pada landasan teoritis dari Fonslow et al. (2013) dengan memasukkan subkriteria risiko secara eksplisit pada setiap kriteria.

2. TINJAUAN PUSTAKA

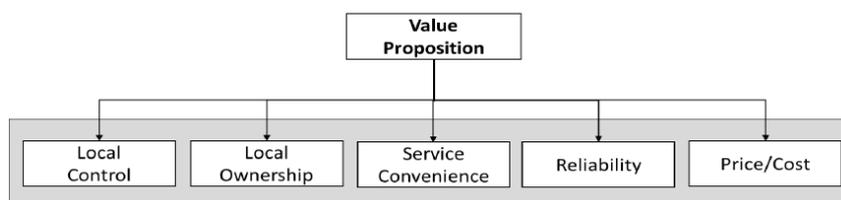
Secara umum, organisasi menyusun strategi dan operasi mereka berdasarkan prinsip dan struktur model bisnis. Dalam kasus organisasi swasta, ini adalah strategi dan operasi yang difokuskan untuk memperoleh keuntungan, sedangkan dalam organisasi nirlaba dan pemerintah, tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan pelanggan (Tarbert, (2012)). Independent System Operators (ISO) atau Regional Transmission Organizations (RTO) mengelola keandalan jaringan dengan berinteraksi dengan regulator dan pemangku kepentingan (Tuttle et al., (2016)). Karena organisasi-organisasi ini berfokus pada memperoleh keuntungan, mereka membayar dividen atau apresiasi harga saham. Model bisnis dan proposisi nilai berupaya memberikan pengembalian investasi kepada semua pemangku kepentingan. (Tarbert, (2012)).

Monopoli di semua tingkatan

Utilitas monopoli tunggal dapat memiliki pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik. Karena tidak ada persaingan dalam generasi, konsumen tidak dapat memilih pemasok, banyak IOU tradisional yang sesuai dengan model ini. Bahkan pasar listrik cenderung menuju ke arah deregulasi. **Pembeli Tunggal (generasi kompetitif terbatas):** Model pembeli tunggal didasarkan pada memfasilitasi kompetisi grosir. Dalam hal ini, satu pembeli yang tetap memonopoli transmisi dan pelanggan dapat membeli dari generator yang berbeda. Model ini dikaitkan dengan utilitas milik negara yang terintegrasi secara vertikal (Tuttle et al., (2016)). **Persaingan Grosir Generasi:** Dalam banyak kasus, model kompetisi grosir lebih disukai daripada model pembeli tunggal. Alih-alih memiliki model pembeli tunggal, model grosir memungkinkan perusahaan untuk memiliki jaringan distribusi dan ritel dan membeli listrik grosir langsung dari produsen pesaing di jaringan transmisi, kemudian menyalurkan listrik ke pelanggan (akses mereka ke jalur transmisi diberikan). Dalam hal ini, pengiriman dalam pembangkitan dan transmisi dioperasikan oleh operator sistem, yang independen dari pelaku pasar lainnya (Tuttle et al., (2016)).

Model Kepemilikan Nirlaba

Proposisi nilai pada model ini didasarkan pada penyediaan layanan kepada pelanggan dengan mencapai tarif yang lebih rendah dan mempertahankan kualitas produk yang tinggi, seperti keandalan yang baik dan layanan pelanggan yang optimal. Jika ada pendapatan tambahan, itu diintegrasikan kembali ke sistem dengan mengembalikan tarif yang lebih rendah di masa mendatang atau meningkatkan investasi untuk meningkatkan kualitas layanan (Tarbert, (2012)). Di tingkat lokal, model ini dapat dijelaskan oleh lima komponen: kepemilikan publik, kendali lokal, struktur berbiaya rendah, operasi nirlaba, dan desain yang berfokus pada pelanggan—didedikasikan untuk misi tunggal memberikan tingkat layanan dan nilai tertinggi kepada pelanggan/pemilik untuk jangka panjang. Dalam model ini, grid diatur dengan struktur yang mirip dengan model nirlaba. Dengan desain ini, ada campuran utilitas nirlaba dan nirlaba, tetapi terintegrasi ke dalam sistem.



Gambar 10: Model Bisnis Kekuatan Publik (Tarbert, (2012))

Investasi R&D oleh Model Utilitas Listrik

Menurut berbagai model utilitas listrik dan organisasi, pola utama investasi R&D dapat dibedakan dalam model dan karakteristik berikut: model swasta, nirlaba, teregulasi, dan terderegulasi. Oleh karena itu, analisis difokuskan pada model yang diatur (IOU dan model yang terintegrasi secara vertikal) dengan mempertimbangkan, pada saat yang sama, jenis kepemilikan (swasta atau publik). Utilitas transmisi masih dianggap sebagai monopoli alami dan diatur oleh pemerintah; ini mencerminkan pentingnya menganalisis

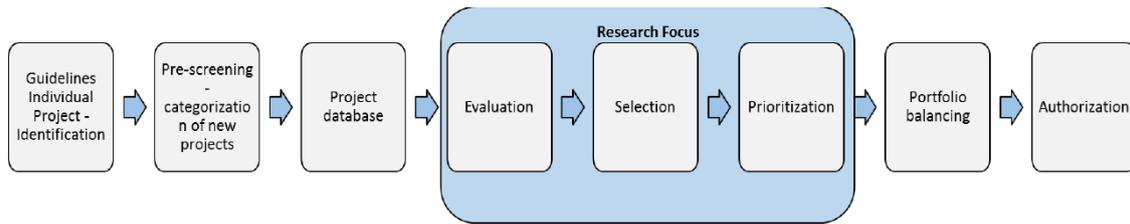
utilitas yang diatur dalam mengevaluasi proyek R&D. Iskin et al., (2013) menyatakan, tingkat pengeluaran oleh utilitas listrik dalam penelitian dan pengembangan cukup rendah. Tidak ada konsensus tentang efek model bisnis atau kepemilikan utilitas pada tingkat investasi R&D. Temuan literatur beragam karena perubahan dalam industri utilitas listrik dan transisi sistem regulasi dan deregulasi. Di bidang transmisi, terlihat bahwa utilitas transmisi daya tegangan tinggi dapat diatur sesuai dengan jenis kepemilikan dan wilayah pengaruh utilitas, terutama dalam hal power marketing agencies (PMA), RTO, dan ISO. Oleh karena itu, analisis pengaruh jenis utilitas (fokus pada sektor transmisi) terhadap investasi R&D difokuskan pada jenis kepemilikan dan kondisi pasar (termasuk aspek regulasi). Secara keseluruhan, efek dari kondisi kepemilikan utilitas yang berbeda pada investasi R&D beragam. Ada kecenderungan konsekuensi negatif dari tindakan restrukturisasi yang mempengaruhi kepemilikan dan kondisi regulasi (Schmitt and Denes, (2013)). Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa variasi tingkat investasi R&D sesuai dengan waktu restrukturisasi pasar. Kebijakan deregulasi pasar tenaga listrik selama tahun 1990-an bertepatan dengan pengurangan investasi R&D. Efek negatif dari jenis kepemilikan (milik swasta atau publik) pada tingkat investasi R&D telah dikuatkan oleh Schmitt dan Denes (Schmitt and Denes, (2013)). Schmitt and Denes, (2013) menjelaskan bahwa pengenalan persaingan cenderung berdampak negatif pada awalnya, tetapi begitu pasar dan kebijakan regulasi jelas, tingkat investasi R&D mulai meningkat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kepemilikan publik atau swasta bereaksi negatif terhadap perubahan aturan dan kondisi pasar dalam jangka pendek. Kepemilikan publik memberikan kewenangan kepada pemerintah untuk mempengaruhi utilitas listrik sementara pada saat yang sama secara langsung mempengaruhi keputusan investasi R&D namun variasi utilitas milik publik tidak memiliki pola yang jelas (Schmitt and Denes, (2013)). Tujuan utilitas dari utilitas swasta, banyak di antaranya dibentuk setelah kebijakan deregulasi, dipengaruhi oleh proses privatisasi, dijelaskan oleh insentif dan perilaku terkait. Ditemukan bahwa regulasi berdampak negatif terhadap investasi R&D, tetapi begitu pasar menyesuaikan diri dengan keadaan baru (setelah regulasi), perusahaan swasta cenderung meningkatkan investasi R&D (Schmitt and Denes, (2013)). Efek utilitas yang terintegrasi secara vertikal pada investasi R&D terkait dengan kondisi kepemilikan dan regulasi. Namun, tingkat investasi jenis ini terkait dengan periode transisi dari sistem yang terintegrasi secara vertikal ke aktivitas kepemilikan yang terpisah dan pasar yang lebih kompetitif. Ditemukan bahwa terdapat tingkat investasi R&D yang rendah dalam sistem dalam periode transisi yang singkat; namun, efek ini terkait dengan ukuran organisasi (Schmitt and Denes, (2013)).

Metode Pemilihan Proyek R&D

Metode pertama berfokus pada analisis keuangan dan penilaian proyek didasarkan pada data keuangan. Pada saat yang sama, model seleksi awal dibuat berdasarkan pemrograman linier, model penilaian, dan daftar periksa. Metode ini menguangkan atribut (Abbassi et al., (2012)). Abbassi et al., (2012), Kildienė et al., (2015) mengidentifikasi tiga kelas pendekatan: metode kuantitatif, metode kualitatif, dan metode hibrid. Banyak teknik dan metode yang digunakan untuk pemilihan portofolio. Pemilihan proyek R&D dapat dilihat sebagai masalah pengambilan keputusan multikriteria. Ada banyak kriteria dan sub-kriteria yang dipertimbangkan dalam literatur yang mempengaruhi keputusan pemilihan proyek R&D. Seperti Hu et al., (2008) menjelaskan, relatif banyak teknik dan pendekatan yang digunakan untuk pemilihan portofolio proyek.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan analisis pemilihan proyek R&D yang efektif, diperlukan analisis holistik yang mempertimbangkan semua faktor yang terkait dengan proyek di sektor tenaga transmisi. Belum ada studi tentang penilaian holistik yang berfokus pada pemilihan proyek transmisi daya. Menerapkan Model Keputusan Hierarkis (HDM) adalah alat yang efektif untuk menilai proyek R&D. Metodologi dan hasil penelitian ini menganalisis faktor-faktor yang terkait dengan teknologi tenaga listrik dan melengkapi evaluasi metodologi lainnya. Penelitian ini cocok dengan evaluasi, pemilihan, dan prioritas proses proyek R&D. Model ini melengkapi metode lain untuk meningkatkan pemilihan proyek R&D di sektor tenaga transmisi. Berdasarkan model penilaian pendahuluan yang telah direvisi, instrumen validitas isi dirancang dan dikirim ke ahli. Panel ahli digunakan untuk mendemonstrasikan pengembangan, kuantifikasi, dan implementasi model HDM.



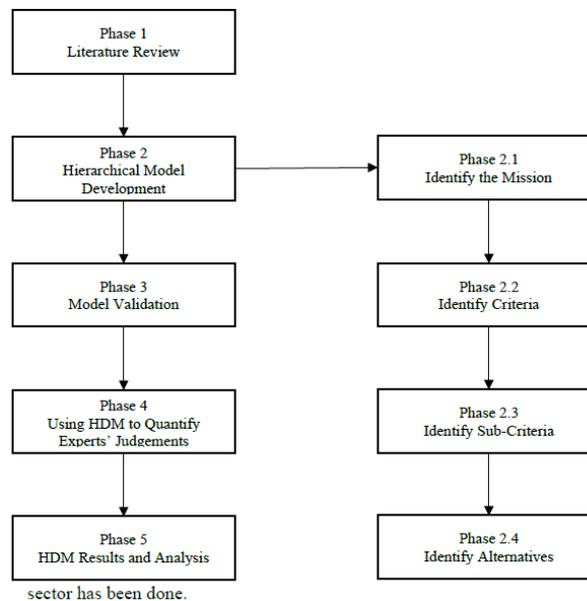
Gambar 15: Kerangka Pemilihan Portofolio Proyek R&D

Pengembangan Model Hirarkis

Pengembangan model dilakukan berdasarkan tinjauan literatur. Berdasarkan tinjauan literatur ini, model penilaian awal dibuat. Tinjauan literatur yang komprehensif dilakukan di bidang proyek R&D transmisi daya. Variabel dikategorikan menurut kriteria dan sub-kriteria (teknis, pasar, ekonomi, organisasi, dan lingkungan/regulasi). Untuk mengkuantifikasi HDM, para ahli diidentifikasi dan diminta untuk memberi bobot pada kriteria dan alternatif model.

Validitas Konten dan Konstruk

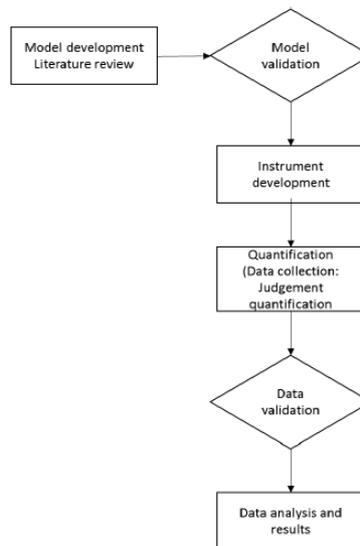
Secara umum, ada lima langkah pembentukan panel untuk meminimalkan potensi bias (Gibson, (2016)). Seorang ahli adalah orang yang memiliki pengetahuan dan pengalaman yang relevan, dan pendapatnya dihargai oleh rekan-rekan di bidangnya Abotah, (2014). Panel pakar dianalisis oleh Estep, (2016), yang menyebutkan bahwa panel pakar adalah sekelompok individu dengan akses ke informasi terkini dan berkualitas tinggi tentang topik terkait. Proses pengambilan keputusan perlu memiliki pakar yang tepat untuk memastikan keandalan saat pemikiran dan pendapat digunakan (Abotah, (2014)). Baik konsep maupun pakar, bersama dengan panel pakar, dihubungkan oleh karakteristik umum yaitu memiliki pengetahuan khusus dan memiliki akses ke informasi atau pengalaman. Oleh karena itu, persoalan pembentukan panel sangat terkait dengan persoalan identifikasi ahli. Di bawah ini, identifikasi masalah difokuskan pada dua kelompok—satu tentang masalah yang terkait dengan pembentukan ahli, dan yang lainnya tentang masalah yang terkait dengan pengidentifikasian ahli.



Gambar 16: Pendekatan Penelitian

Masalah utama yang terkait dengan pengidentifikasian para ahli adalah tentang kualifikasi para ahli dan terkait dengan pengetahuan yang dimiliki orang-orang ini tentang topik tertentu. **Instrumen Penelitian 1 & 2 (RI1 & RI2)** digunakan untuk validasi dan isi model. Survei meminta persetujuan atau ketidaksepakatan para ahli untuk memasukkan atau menghapus kriteria dan subkriteria. Para ahli memiliki kesempatan untuk menyarankan dimasukkannya item baru, yang divalidasi sebesar 66,67% dari persetujuan

positif untuk dimasukkan. Selain itu, para ahli diminta untuk memberikan komentar mereka, yang digunakan untuk memperbaiki konsep dan mengklarifikasi isinya.



Gambar 17: Tahap Pengembangan Model – Kajian Pustaka – Aplikasi Penelitian

Instrumen Penelitian 3 (RI3) digunakan untuk mengevaluasi prioritas relatif dari lima kriteria dalam memenuhi misi pemilihan proyek R&D di bidang transmisi listrik. Panel ahli EP1 bertanggung jawab untuk memenuhi RI3. Berdasarkan kuantifikasi penilaian dari panel ahli EP1, rata-rata aritmatika dari prioritas relatif kriteria terhadap misi dan tingkat ketidakkonsistenan dan ketidaksepakatan untuk para ahli diperoleh. Rata-rata aritmatika dari evaluasi panel digunakan untuk merepresentasikan peringkat relatif dari kriteria.

Instrumen penelitian 4 (RI4) digunakan untuk mengevaluasi prioritas relatif subkriteria terhadap kelima kriteria tersebut. EP2 bertanggung jawab untuk memenuhi RI4. Berdasarkan kuantifikasi penilaian dari panel ahli, diperoleh rata-rata aritmatika dari prioritas relatif sub-kriteria terhadap kriteria dan tingkat ketidakkonsistenan dan ketidaksepakatan untuk para ahli. Rata-rata aritmatika dari evaluasi panel digunakan untuk mewakili peringkat relatif dari sub-kriteria.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Konten

Panel ahli EP01 dan EP02 masing-masing terdiri dari 18 dan 30 peserta. Panel ahli dibentuk berdasarkan pengetahuan mereka tentang energi, manajemen teknologi, dan pengalaman sebelumnya mengerjakan perencanaan proyek R&D di bidang kelistrikan untuk mendapatkan hasil yang lebih konsisten dan logis. Panel diminta untuk mengomentari struktur dan konten model. Alat penilaian dimaksudkan untuk menangkap penilaian mereka tentang kriteria dan sub-kriteria dan mengidentifikasi hal-hal yang mungkin tidak terdeteksi selama tinjauan pustaka. Kriteria mayoritas 2/3 diperlukan untuk mempertahankan elemen tersebut. Mereka ditanya apakah kriteria dan sub-kriteria yang diusulkan sesuai untuk mengevaluasi proyek R&D dalam utilitas daya transmisi. Selain meminta panel ahli EP01 dan EP02 untuk mengidentifikasi kriteria dan subkriteria, para ahli juga diminta untuk mengomentari isi model. Ada 18 peserta panel ahli EP01 dan 30 ahli panel EP02. Kriteria dan subkriteria yang teridentifikasi dari penelitian literatur dipresentasikan kepada para ahli. Para ahli ditanya apakah kriteria dan sub-kriteria yang diusulkan sesuai untuk pemilihan proyek R&D di sektor transmisi listrik dan apakah ada elemen lain yang harus dicekualikan atau ditambahkan. Para ahli memiliki pilihan untuk mengomentari atribut lain yang tidak disajikan. Diagram di bawah ini merupakan model awal HDM yang diusulkan. Model ini diberikan kepada panel ahli EP01 dan EP02 untuk dievaluasi menggunakan instrumen penelitian RI1 dan RI2. Panel ahli EP1 berfokus pada memvalidasi kriteria. Instrumen validitas isi RI01 dikirim ke Pakar. Sebanyak 18 ahli memberikan masukan. Hasilnya, semua kriteria diterima dan dimasukkan dalam model akhir. Panel Pakar EP1 mengevaluasi kepentingan relatif dari lima kriteria mengenai kepentingan relatif mereka terhadap misi (pemilihan proyek R&D di sektor transmisi listrik). Ada 9 ahli di Expert Panel EP1. Rata-rata aritmatika penilaian para ahli

untuk kepentingan relatif dari kriteria yang dipertimbangkan. Hasil awal menunjukkan bahwa semua kriteria relatif penting dari sudut pandang penilaian secara keseluruhan. Kepentingan relatif kriteria terhadap misi berkisar dari nilai relatif 0,15 hingga 0,27. Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua < 0,10). Panel ahli ini menganggap kriteria Eksternal/Peraturan/Lingkungan sebagai yang paling penting (0,27).

Kriteria Teknis

Panel ahli EP02 berfokus pada validasi sub-kriteria Teknis dalam memenuhi kriteria Teknis. Panel EP02 yang diakomodasi oleh 17 ahli ini memvalidasi isi Kriteria Teknis dengan menggunakan instrumen penelitian RI2. Hasilnya, semua sub-kriteria Teknis diterima dan dimasukkan dalam model akhir. Panel ahli EP2 (7 peserta) menilai kontribusi relatif dari lima subkriteria terhadap kriteria teknis. Tingkat inkonsistensi dalam setiap pakar dapat diterima (semua < 0,10). Karena nilainya dapat diterima, dianggap tidak perlu menggunakan data uji-F. Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,07). Panel ahli ini menganggap sub-kriteria Eksternal/Peraturan/Lingkungan sebagai yang paling penting (0,27).

Kriteria Pasar

Panel ahli EP02 berfokus pada validasi sub-kriteria Pasar dalam memenuhi kriteria Pasar. Instrumen validitas isi RI02 dikirim ke panel ahli EP02. Sebanyak 15 ahli memberikan masukan. Akibatnya, semua sub-kriteria Pasar diterima dan dimasukkan dalam model akhir. Panel ahli EP2 (7 peserta) menilai kontribusi relatif dari lima subkriteria terhadap kriteria Pasar. Tingkat inkonsistensi dalam setiap pakar dapat diterima (semua < 0,10). Karena nilai dapat diterima, juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,069). Panel ahli ini menganggap sub-kriteria Potensi Ukuran Pasar sebagai yang paling penting (0,58).

Kriteria Organisasi

Panel ahli EP02 berfokus pada validasi sub-kriteria Organisasi dalam memenuhi kriteria Organisasi. Instrumen validitas isi RI2 dikirim ke panel ahli EP02. Sebanyak 12 ahli memberikan masukan. Akibatnya, semua sub-kriteria Organisasi diterima dan dimasukkan dalam model akhir. Panel ahli EP2 (8 peserta) menilai kontribusi relatif dari lima subkriteria terhadap kriteria Kesesuaian Strategis. Tingkat inkonsistensi dalam setiap pakar dapat diterima (semua < 0,10). Karena nilainya dapat diterima, dianggap tidak perlu menggunakan data uji-F (lihat catatan di atas tentang penggunaan uji-F). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,069). Panel ahli ini menganggap sub-kriteria Kesesuaian Strategis sebagai yang paling penting (0,27).

Kriteria Ekonomi

Panel ahli EP02 berfokus pada validasi sub-kriteria Ekonomi dalam memenuhi kriteria Ekonomi. Sebanyak 14 pakar memberikan masukan dalam panel pakar EP02 dengan menggunakan instrumen penelitian RI2. Semua sub-kriteria Ekonomi diterima dan dimasukkan dalam model akhir. Panel ahli EP2 (8 peserta) menilai kontribusi relatif dari ketiga subkriteria terhadap kriteria Ekonomi. Tingkat inkonsistensi dalam setiap pakar dapat diterima (semua < 0,10). Karena nilainya dapat diterima, dianggap tidak perlu menggunakan data uji-F (lihat catatan di atas tentang penggunaan uji-F). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,069). Panel ahli ini menganggap sub-kriteria Nilai Tambah Produk Sasaran sebagai yang paling penting (0,28).

Kriteria Validasi Eksternal/Peraturan/Lingkungan

Panel ahli EP02 berfokus pada validasi subkriteria Lingkungan/Peraturan dalam memenuhi kriteria Lingkungan/Peraturan. Instrumen validitas isi RI2 dikirim ke panel ahli EP02. Sebanyak 17 ahli memberikan masukan dan setuju untuk memasukkan semua subkriteria Lingkungan/Regulasi ke dalam model. Teridentifikasi 32 ahli yang dikelompokkan dalam 6 panel berbeda. Para ahli diidentifikasi menggunakan metode Social Network Analysis dan Snowballing. Para ahli ini diseimbangkan menurut pengalaman, afiliasi, dan lokasi mereka. Ada 10 sampai 20 ahli di setiap panel (para ahli berpartisipasi dalam 2 panel atau lebih sesuai dengan keahliannya). Penting untuk disebutkan bahwa di bagian kuantifikasi (bukan tujuan dari makalah ini), ahli yang sama digunakan; namun, ukuran panel bervariasi dari 6 hingga 11 ahli. Validasi model memiliki tiga hasil utama. Pertama, semua kriteria divalidasi dengan persetujuan lebih tinggi dari 67%. Kedua, ahli yang memvalidasi kriteria menyarankan untuk menambahkan dua subkriteria. Model ini, termasuk subkriteria tambahan yang disarankan oleh ahli, divalidasi oleh ahli lain yang memvalidasi 23 dari 24 subkriteria. Model terakhir ditunjukkan di bawah ini. Panel ahli EP2 (6 peserta) menilai kontribusi relatif dari lima subkriteria terhadap kriteria Lingkungan/Peraturan. Juga tidak ada tingkat perbedaan pendapat yang

signifikan di antara para ahli (0,073). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Panel ahli ini menganggap sub-kriteria Keandalan, Ketahanan, Standar Teknis Kesadaran Negara sebagai yang paling penting (0,23).

Kuantifikasi Model

Kuantifikasi penilaian, ketidakkonsistenan para ahli, dan ketidaksepakatan kelompok untuk setiap panel ahli dibahas di bawah ini. Bagian ini menyajikan perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot model keputusan. Panel diminta untuk mendistribusikan 100 poin antara dua kriteria atau subkriteria, tergantung pada panel. Data ini dianalisis dengan menggunakan Hierarchical Decision Model Software® untuk menghitung bobot masing-masing alternatif, inkonsistensi, dan ketidaksepakatan. Ketidakkonsistenan ahli atau ketidaksepakatan kelompok di bawah nilai 0,1 diterima. Jika ada kelompok yang tidak setuju, maka opsi untuk membagi panel menjadi subkelompok akan dipertimbangkan (seperti yang ditunjukkan di bawah, ini tidak perlu). Penting untuk disebutkan bahwa, pada bagian ini, inkonsistensi di bawah 0,1 digunakan untuk mendapatkan hasil yang dapat diterima, dan belum tentu verifikasi tambahan melalui uji-F, yang sering digunakan untuk menguji inkonsistensi. Ini adalah uji statistik yang sebagian besar digunakan untuk memutuskan apakah model statistik paling cocok untuk sekumpulan data yang menggunakan kuadrat terkecil. Namun, ditemukan bahwa uji-F tidak dapat diandalkan karena gagal menjelaskan penilaian yang identik atau mendekati tanpa varians. Selain itu, uji-F mengasumsikan distribusi normal, sedangkan data mungkin tidak terdistribusi secara normal (Abotah, (2014)).

Dalam Analisis Perbedaan Antara Kriteria, nilai relatif kriteria sehubungan dengan misi sangat dekat sehingga analisis statistik dilakukan untuk melihat perbedaan statistik di antara nilai relatif. Sebagai langkah pertama, diasumsikan bahwa data terdistribusi secara normal. Di bawah asumsi bahwa datanya independen dan terdistribusi secara identik, datanya Normal, dan untuk dua uji-t sampel independen (tidak berpasangan), diasumsikan bahwa varians dari kedua kelompok adalah sama yang biasanya berlaku kecuali ada struktur internal. Sebagai langkah kedua, normalitas dan varian yang sama diuji. Metode Numerik (tes Shapiro-Wilk dan Shapiro-Francia untuk normalitas) dilakukan; hasilnya tidak menolak hipotesis nol bahwa data tidak berdistribusi normal (Prob. $> 0,05$). Semua variabel tampak berdistribusi normal $P < 0,05$). Namun, metode grafis, memvisualisasikan Box Plots dan histogram, menunjukkan distribusi tidak normal di sebagian besar kriteria. Dengan memvisualisasikan histogram, tampak bahwa variabel tidak berdistribusi normal, bertentangan dengan "uji Shapiro-Wilk W".

Hasil uji normalitas tidak konsisten (Q-Q plot). Karena plot Q-Q menunjukkan bahwa kriteria tidak terdistribusi secara normal, dilakukan transformasi log data (Lampiran B). Plot Q-Q memang tidak menunjukkan normalitas yang jelas dari distribusi data, bahkan menggunakan logaritma, oleh karena itu uji "statistik t" tidak dapat dilakukan karena ukuran sampel pada setiap kelompok tidak ≥ 30 (Rule of Thumb). Tes Equal Variance dilakukan untuk semua pasangan kriteria (Lampiran B). Semua pasangan varians variabel ternyata sama dalam uji-F, kecuali untuk "pasar dan ekonomi". Akibatnya, varians yang sama dapat digunakan kecuali dalam kasus "ekonomi pasar". Hasil 'tidak konsisten' dan 'tidak jelas' dari pengujian metode numerik dan grafis untuk normalitas disebabkan oleh jumlah data (< 30). Karena kita tidak dapat bergantung pada asumsi spesifik, pengujian "nonparametrik" dilakukan. Uji rank Kruskal-Wallis Anova pada kasus heteroskedastis non-normal diuji, menunjukkan bahwa setidaknya ada satu variabel yang berbeda. Semua hasil menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan rata-rata antar variabel, kecuali pasangan 2-5 (pasar – eksternal/lingkungan/regulasi) dan 3-5 (organisasi – eksternal/lingkungan/regulasi).

Hasil Kuantifikasi Alternatif

Panel Pakar EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan masing-masing dari dua puluh empat sub-kriteria. Dalam Sub-kriteria sukses teknis, panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Keberhasilan Teknis menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 2 mendapat skor paling penting (23%) sehubungan dengan sub-kriteria Keberhasilan Teknis. Alternatif 1, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 30%, 21%, dan 18%). Tingkat inkonsistensi dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,091). Pada subkriteria kompetensi wajib, panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Keberadaan Kompetensi Wajib menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (31%) sehubungan dengan sub-kriteria Keberadaan Kompetensi Wajib. Alternatif 2, Alternatif 3, dan Alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 27%, 24%, dan

19%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,098). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Ketersediaan Sumber Daya menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 2 mendapat skor paling penting (34%) sehubungan dengan sub-kriteria Ketersediaan Sumber Daya. Alternatif 3, Alternatif 1, dan Alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 24%, 22%, dan 20%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,084).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Penerapan Produk dan Proses Lain menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (31%) sehubungan dengan Penerapan pada Produk dan Proses Lain. Alternatif 2, Alternatif 3, dan Alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 26%, 23%, dan 20%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,097). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Kesiapan Teknologi menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (32%) sehubungan dengan Kesiapan Teknologi. Alternatif 2, Alternatif 3, dan Alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 30%, 24%, dan 14%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,088). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Potensi Ukuran Pasar menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (29%) sehubungan dengan Ukuran Pasar Potensial. Alternatif 3, Alternatif 2, dan Alternatif 4 mengikuti yang penting (masing-masing 28%, 22%, dan 21%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,089).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Time to Market menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (32%) sehubungan dengan Time to Market. Alternatif 3, Alternatif 2, dan Alternatif 4 mengikuti yang penting (masing-masing 26%, 24%, dan 19%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,091). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Potensi Ukuran Pasar menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan sub-kriteria Tambahan (variasi) Permohonan yang Dibuka. Alternatif 2, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti yang penting (masing-masing 25%, dan 24%, dan 21%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,099).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif dari alternatif sehubungan dengan subkriteria Risiko Pasar menggunakan instrumen penelitian RI4. Rata-rata aritmetika penilaian para ahli untuk kepentingan relatif alternatif yang dipertimbangkan. Berdasarkan hasil, Alternatif 4 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan subkriteria Risiko Pasar. Alternatif 2, Alternatif 1, dan Alternatif 3 mengikuti yang penting (masing-masing 27%, dan 23%, dan 22%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,088). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif dari alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Perencanaan Sistem menggunakan instrumen penelitian RI4. Sarana aritmetika penilaian para ahli untuk kepentingan relatif alternatif yang dipertimbangkan. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan sub-kriteria Perencanaan Sistem. Alternatif 2, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti yang penting (masing-masing 26%, dan 22%, dan 21%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan subkriteria Ketersediaan Staf Riset menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 dan Alternatif 2 mendapat skor paling penting (masing-masing 31%) sehubungan dengan Ketersediaan Staf Riset. Alternatif 3 dan Alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 20%, 18%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepatan yang signifikan di antara para ahli (0,07). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Ketersediaan Pengetahuan/Keterampilan menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan sub-kriteria Ketersediaan Pengetahuan/Keterampilan. Alternatif 2, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan

(masing-masing 28%, 24%, dan 18%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,095).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan Kompetensi dan pengalaman pada sub-kriteria proyek serupa menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 4 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan Kompetensi dan Pengalaman pada proyek serupa. Alternatif 2, Alternatif 1, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 27%, 26%, dan 17%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,099). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Kesesuaian Strategis menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (29%) sehubungan dengan Kesesuaian Strategis. Alternatif 2, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 27%, 24%, dan 20%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,096). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Fasilitas yang Tersedia menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (29%) sehubungan dengan Kesesuaian Strategis. Alternatif 2, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 27%, 24%, dan 20%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,096).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Fasilitas yang Tersedia menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 2 mendapat nilai paling penting (32%) sehubungan dengan Fasilitas yang Tersedia. Alternatif 1, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 24%, 23%, dan 21%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,094). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Net present value (NPV) menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (29%) sehubungan dengan Net Present Value (NPV). Alternatif 2, alternatif 3, dan alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 26%, 23%, dan 23%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,089). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Nilai tambah Produk Sasaran menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (28%) sehubungan dengan Nilai Tambah Produk Sasaran. Alternatif 2, Alternatif 3, dan Alternatif 4 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 26%, 24%, dan 21%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,095).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria biaya Proyek menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 4 mendapat skor paling penting (27%) sehubungan dengan Biaya Proyek. Alternatif 1, Alternatif 2, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 25%, 25%, dan 23%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,087). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Risiko Ekonomi menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (33%) sehubungan dengan Risiko Ekonomi. Alternatif 3, Alternatif 2, dan Alternatif 4 mengikuti yang penting (masing-masing 28%, 23%, dan 17%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,092).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan subkriteria Regulasi Ekonomi menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 4 mendapat skor paling penting (29%) sehubungan dengan sub-kriteria Peraturan Ekonomi. Alternatif 1, Alternatif 2, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 27%, 24%, dan 21%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidakepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,055). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Kebijakan Lingkungan menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 4 mendapat skor paling penting (32%) sehubungan dengan sub-kriteria kebijakan Lingkungan. Alternatif 2, Alternatif 1, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 26%, 25%, dan 17%). Ketidakkonsistenan dalam

setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,091).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan sub-kriteria kebijakan standar Teknis menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 2 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan Keandalan, Ketahanan, Standar Teknis Kesadaran Negara sub-kriteria Alternatif 1, Alternatif 4, dan Alternatif 3 diikuti dengan kepentingan (26%, 24%, dan 19 %, masing-masing). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,09). Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif dari alternatif sehubungan dengan sub-kriteria Penerimaan Pemangku Kepentingan menggunakan instrumen penelitian RI4. Sarana aritmetika penilaian para ahli untuk kepentingan relatif alternatif yang dipertimbangkan. Menurut hasil, Alternatif 1 mendapat skor paling penting (30%) sehubungan dengan sub-kriteria Standar Keandalan, Ketahanan, Kesadaran Negara. Alternatif 4, Alternatif 2, dan Alternatif 3 mengikuti yang penting (masing-masing 25%, 24%, dan 20%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,098).

Panel ahli EP2 mengevaluasi kepentingan relatif alternatif sehubungan dengan subkriteria standar Kualitas Daya menggunakan instrumen penelitian RI4. Menurut hasil, Alternatif 2 mendapat skor paling penting (32%) sehubungan dengan sub-kriteria Standar Kualitas Daya. Alternatif 1, Alternatif 4, dan Alternatif 3 mengikuti tingkat kepentingan (masing-masing 25%, 24%, dan 19%). Ketidakkonsistenan dalam setiap pakar dapat diterima (semua $< 0,10$). Juga tidak ada tingkat ketidaksepakatan yang signifikan di antara para ahli (0,093). Kepentingan relatif dari alternatif untuk setiap sub-kriteria menunjukkan bahwa signifikansi dari setiap alternatif mengikuti urutan logis sehubungan dengan kriteria dan sub-kriteria. Alternatif 1 memiliki bobot tertinggi pada sebagian besar subkriteria. Alternatif 1 menempati urutan kedua dalam kasus dibandingkan dengan Alternatif 2 dalam hal perbandingan relatif terhadap subkriteria Ketersediaan Sumber Daya (Teknis), Tersedia Fasilitas (Organisasi), Ketahanan, Standar Teknis Kesadaran Negara (Eksternal/Regulasi/Lingkungan), dan Standar Kualitas Daya (Eksternal / Regulasi/ Lingkungan). Hal ini menunjukkan bahwa Alternatif 2 yang berfokus pada penilaian risiko umum transformator memberikan dampak perlindungan stabilitas sistem yang lebih tinggi dibandingkan dengan Alternatif 1 yang berfokus pada perlindungan transformator dari kejadian seismik. Sebaliknya, Alternatif 3 dan 4 diberi peringkat dengan bobot yang sangat dekat di setiap subkriteria.

Terkait *Bobot Model Akhir* secara keseluruhan, tidak ada perbedaan mencolok di antara alternatif-alternatif tersebut; namun, nilai kepentingan Alternatif 1 (Sistem Isolasi Seismik Horizontal-Vertikal Gabungan untuk Trafo Tenaga Tegangan Tinggi) adalah yang paling penting (28%). Ditemukan bahwa Alternatif 3 (Transformer Bushing Performance) memiliki nilai terendah (21%). Selain itu, nilai ketidaksepakatan (0,00) dan ketidakkonsistenan (0,09) dapat diterima. Sedangkan untuk *Sintesis Prioritas* hasil perankingan alternatif menunjukkan bahwa dari peringkat yang lebih tinggi ke peringkat yang lebih rendah, urutan alternatifnya adalah Alternatif 1, Alternatif 2, Alternatif 4, dan Alternatif 3.

Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menguji sensitivitas kelima kriteria tersebut. Analisis sensitivitas menentukan rentang yang diperbolehkan dari setiap indikator keluaran untuk mempertahankan prioritas sub-faktor (Abotah, (2014)). Seperti Abotah, (2014) dan Estep, (2016) menggunakan analisis sensitivitas. Pentingnya awal dan urutan nilai-nilai alternatif sehubungan dengan misi diberikan oleh para ahli seperti yang disajikan di atas. Namun, “bagaimana jika perspektif lain dinilai lebih penting?” (Estep, (2016)). Oleh karena itu, empat skenario berbeda “bagaimana jika” dianalisis. Skenario yang berbeda dipertimbangkan dengan menetapkan nilai "0,96" ke kriteria yang mendominasi, menjaga konstan nilai sisa dari setiap kriteria (Estep, (2016)). Perubahannya tidak substansial dalam nilai (bobot); namun, urutannya telah berubah, terutama untuk alternatif yang dianggap kurang penting. Dengan adanya perubahan kriteria menjadi nilai dominan, maka dapat diperoleh “elastisitas alternatif kriteria” untuk melihat pengaruh persentase perubahan nilai kriteria terhadap nilai relatif setiap alternatif. Analisis difokuskan pada kriteria 1 dan alternatif 1. Perubahan nilai terkait dengan nilai dasar “0” dan nilai baru kriteria, subkriteria, dan alternatif. Dalam hal ini, elastisitas alternatif berdasarkan perubahan kriteria bergantung pada rasio spesifik dari nilai relatif Alternatif 1 terhadap nilai relatif lainnya. Selain itu, efek elastis sempurna terjadi ketika C1 dimaksimalkan dan kriteria lain diminimalkan mendekati nol. Efek inelastis sempurna muncul ketika Kriteria 1 atau nilai relatif dari alternatif 1 mendekati nol. Dalam kasus spesifik model BPA, efeknya mendekati efek inelastis sempurna. Oleh karena itu, perubahan C tidak akan berpengaruh signifikan terhadap A. Untuk mendapatkan dampak signifikan dari perubahan C, tingkat Alternatif A harus tinggi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini difokuskan pada pemilihan dan evaluasi proyek R&D di utilitas transmisi daya yang berada di bawah regulasi. Tingkat regulasi yang tinggi memengaruhi ekonomi, kewirausahaan, dan alokasi investasi. Dalam konteks ini, karakteristik khusus dari organisasi yang diatur mempengaruhi evaluasi proyek investasi R&D. Akibatnya, evaluasi proyek R&D dalam organisasi yang diatur menyiratkan kriteria dan sub-kriteria yang berbeda untuk menyelaraskan dengan tujuan utilitas dan kondisi pasar. Penilaian holistik terhadap kriteria dan sub-kriteria mengenai pemilihan proyek R&D dalam organisasi yang diatur telah dikembangkan. Kajian tersebut menjadi salah satu kontribusi penelitian ini untuk mengidentifikasi kriteria dan subkriteria utama yang terkait dengan pemilihan proyek R&D di sektor transmisi listrik. Pendekatan holistik risiko investasi dalam proyek R&D. Penelitian ini juga mengembangkan model untuk mengevaluasi proyek R&D di sektor transmisi listrik berdasarkan analisis multikriteria. Oleh karena itu, penelitian ini mengikuti pendekatan sistematis untuk merumuskan dan mengembangkan model multi-kriteria yang memungkinkan untuk mengidentifikasi semua faktor yang terkait dengan proyek R&D dan evaluasinya masing-masing. Pendekatan sistematis membantu merumuskan model, memungkinkan untuk menghilangkan bias, dan meningkatkan efektivitas evaluasi proyek. Hierarchical Decision Model (HDM) telah digunakan untuk mengevaluasi proyek R&D dari analisis multi-kriteria.

Model HDM untuk memilih proyek R&D dalam konteks spesifik organisasi yang diatur merupakan kontribusi yang signifikan. Berdasarkan literatur, model menggabungkan semua elemen dan faktor yang mempengaruhi proyek R&D selaras dengan strategi organisasi. Model HDM menggabungkan semua elemen teoretis yang terkait dengan analisis proyek R&D, model regulasi, analisis risiko, analisis pasar, dan teori ekonomi. Integrasi faktor dari literatur dan aspek teoritis membuat model kuat dan dapat diandalkan. Aspek teoritis berkontribusi pada generalisasi model dalam konteks pemanfaatan geografis di seluruh negara bagian dan/atau bangsa, serta berbagai jenis organisasi yang diatur. Akhirnya, generalisasi dan ketangguhan model ini adalah buah dari partisipasi para ahli panel yang tidak memihak yang dipilih berdasarkan latar belakang, pengalaman, jenis organisasi, dan lokasi dengan kondisi politik dan ekonomi yang serupa. Berdasarkan langkah-langkah sistematis, lima kriteria dan 24 subkriteria diidentifikasi dan divalidasi. Hasilnya menunjukkan bahwa aspek regulasi memainkan peran penting dalam pemilihan proyek R&D. Hasil ini menunjukkan bahwa untuk memiliki efek yang cukup besar pada pengaturan alternatif dengan mengubah bobot kriteria, bobot alternatif ini harus berbeda secara signifikan. Selain Technical Success, time to market, dan strategic fit sebagai subkriteria dengan bobot tertinggi, regulasi untuk mempertahankan tingkat reliabilitas yang tinggi menjadi penting.

Pekerjaan masa depan

Penelitian ini telah memberikan penilaian terhadap kriteria dan subkriteria yang mempengaruhi keputusan evaluasi proyek R&D di utilitas sesuai regulasi. Model dibangun berdasarkan analisis literatur yang sistematis, yang meliputi makalah jurnal, makalah yang menganalisis proyek, serta pencantuman aspek teoritis yang penting. Karena model difokuskan pada utilitas transmisi, penyesuaian model dengan karakteristik yang berbeda merupakan area penelitian yang potensial untuk dilakukan. Model memberikan analisis kuantitatif untuk alternatif berdasarkan utilitas tertentu; oleh karena itu, mengadaptasi model ke skenario dan kondisi lain adalah penting dan akan menjadi langkah penting untuk menggeneralisasi model. Selain itu menganalisis model dan membandingkan hasilnya pada periode waktu yang berbeda juga menjadi peluang penelitian dimasa depan. Perubahan dinamis dalam kondisi dan karakteristik akan memberikan informasi berharga tentang penyesuaian proyek R&D dengan keadaan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Bin, A. Azevedo, L. Duarte, S. Salles-Filho, and P. Massaguer, "R&D and innovation project selection: Can optimization methods be adequate?" *Procedia Computer Science*, vol. 55, pp. 613–621, 2015.
- A. J. Brunett, D. Grabaskas, M. Bucknor, and S. Passerini, "A methodology for the integration of passive system reliability with success criteria in a probabilistic

framework for advanced reactors,” American Society of Mechanical Engineers (ASME), Argonne, IL, US., 2016.

- A. Jekunen, “Decision-making in product portfolios of pharmaceutical research and development - managing streams of innovation in highly regulated markets,” *Drug Design, Development and Therapy*, p. 2009, Oct. 2014.
- A. Morton, J. Keisler, and A. Salo, “Multicriteria portfolio decision analysis for project selection,” in *International Series in Operations Research & Management Science*, vol. 233, F. J. (eds) Greco S., Ehrgott M., Ed. New York, US.: Springer, 2016.
- B. R. Fonslow et al., “NIH Public Access,” *Adm Policy Ment Health*, vol. 10, no. 1, pp. 54–56, 2013.
- B. Wang, K. Narvekar, and T. Nguyen, “The hierarchical decision model for non-profit organization’s project selection,” in *2013 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, PICMET 2013*, 2013, pp. 401–410.
- C. J. M. Victório, H. G. Costa, and C. G. de Souza, “Modeling selection criteria of R&D projects for awarding direct subsidies to the private sector,” *Science and Public Policy*, vol. 43, no. 2, pp. 275–287, Apr. 2016.
- C. Li, Y. Liu, and S. Li, “Risk evaluation of Qinghai-Tibet power grid interconnection project for sustainability,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 8, no. 1, pp. 1–19, 2016.
- C. Okoli and S. D. Pawlowski, “The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications,” *Information & Management*, vol. 42, no. 1, pp. 15–29, Dec. 2004.
- C.-C. Huang, P.-Y. Chu, and Y.-H. Chiang, “A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection,” *Omega*, vol. 36, no. 6, pp. 1038–1052, Dec. 2008.
- C.-T. Chen and W.-Z. Hung, “Applying fuzzy linguistic variable and ELECTRE method in R&D project evaluation and selection,” in *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2008, pp. 999–1003.
- D. Grabaskas, A. J. Brunett, and M. Bucknor, “A methodology for the integration of a mechanistic source term analysis in a probabilistic framework for advanced reactors,” in *2016 24th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE 2016*, 2016, vol. 2.
- D. P. Tuttle et al., “The history and evolution of the U.S. electricity industry,” University of Texas - Energy Institute, Austin, TX, Apr. 2016.
- D. Qiushi, W. Guan-Nan, and C. Li, “Project evaluation of jilin rural power grid reformation based on rough set and support vector machine,” in *14th International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business, Engineering and Science, DCABES 2015*, 2016, pp. 489–492.
- D. Yakovlev, E. Yushkov, A. Pryakhin, and M. Bogatyreova, “Effectiveness evaluation of the R&D projects in organizations financed by the budget expenses,” *International Conference for Young Scientists, Specialists, and Postgraduates on Nuclear Reactor Physics 2016, ICNRP 2016*, vol. 781, no. 1, 2017.
- E. Garces, K. van Blommestein, J. Anthony, J. Hillegas-Elting, T. Daim, and B. S. Yoon, “Technology domain analysis: A case of energy-efficient advanced commercial

-
- refrigeration technologies,” *Sustainable Production and Consumption*, vol. 12, no. December 2016, pp. 221–233, 2017.
- E. Gibson, “A measurement system for science and engineering research center performance evaluation,” *Engineering and Technology Management - Portland State University, Oregon*, 2016.
- F. J. Wang and Y. Lu, “Fuzzy analytic hierarchy process based comprehensive evaluation of distribution materials standardization projects,” in *5th International Symposium on Project Management, ISPM 2017*, 2017, pp. 668–675.
- F. Liang, X. Lv, J. Liu, W. Zhang, X. Liu, and B. Gao, “Evaluation of investment projects on distribution network based on fuzzy algorithms,” in *5th Annual IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control and Intelligent Systems, IEEE-CYBER 2015*, 2015, pp. 761–766.
- G. Lu, H. Luan, W. He, and Y. Ma, “Decision model research on engineering project arrangement of power grid enterprise group based on input and output efficiency evaluation,” in *International Conference on Engineering Technology and Application, ICETA 2015*, 2015, vol. 22.
- J. Behrens, “A lack of insight: An experimental analysis of R&D managers’ decision making in innovation portfolio management,” *Creativity and Innovation Management*, vol. 25, no. 2, pp. 239–250, Jun. 2016.
- J. Estep, “Development of a technology transfer score for evaluating research proposals: Case study of demand response technologies in the Pacific Northwest,” *Engineering and Technology Management, Portland State University, Oregon, USA*, 2016.
- J. Tarbert, “Public power’s business model: A primer.” *Public Power and the American Public Power Association*, 2012.
- K. Costello, “R&D and public utilities,” *Electricity Journal*, vol. 29, no. 5, pp. 19–26, 2016.
- K. Lauritzen, “Method for optimal capability-based R&D portfolio selection,” in *2014 IEEE International Technology Management Conference*, 2014, pp. 1–4.
- M. Ashrafi, H. Davoudpour, and M. Abbassi, “Developing a decision support system for R&D project portfolio selection with interdependencies,” *AIP Conference Proceedings*, vol. 1499, no. 1, pp. 370–378, Nov. 2012.
- M. J. Liberatore, “An expert support system for R&D project selection,” *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 11, pp. 260–265, 1988.
- M. N. M. Arratia, I. F. López, S. E. Schaeffer, and L. Cruz-Reyes, “Static R&D project portfolio selection in public organizations,” *Decision Support Systems*, vol. 84, pp. 53–63, 2016.
- M. T. Booher, D. F. Proaño, and K. Kash, “PLC - Electricity regulation in the United States: overview,” *Practical Law*, 13-Mar-2016. [Online]. Available: <http://us.practicallaw.com/8-525-5799?source=relatedcontent#a1003615>.
- N. M. Arratia M., F. López I., S. E. Schaeffer, and L. Cruz-Reyes, “Static R&D project portfolio selection in public organizations,” *Decision Support Systems*, vol. 84, pp. 53–63, Apr. 2016.

- P. Guo, J. J. Liang, Y. M. Zhu, and J. F. Hu, "R&D project portfolio selection model analysis within project interdependencies context," in 2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2008, pp. 994–998.
- R. Abotah, "Evaluation of energy policy instruments for the adoption of renewable energy: Case of wind energy in the Pacific Northwest," Portland State University, Oregon, USA, 2014.
- R. Mott, K. Keller, and K. Funkenbusch, "'Keep me doing what I love': A photovoice evaluation of the Missouri AgrAbility Project," *Journal of Agromedicine*, vol. 22, no. 4, pp. 425–431, 2017.
- R. Neshati and T. U. Daim, "Participation in technology standards development: A decision model for the information and communications technology (ICT) industry," *The Journal of High Technology Management Research*, vol. 28, no. 1. pp. 47–60, 2017.
- S. Hashemkhani Zolfani, J. Salimi, R. Maknoon, and S. Kildienė, "Technology Foresight about R&D projects selection: Application of SWARA method at the policy making level," *Engineering Economics*, vol. 26, no. 5, Dec. 2015.
- S. Managi, Z. Zhang, and S. Horie, "A real options approach to environmental R&D project evaluation," *Environmental Economics and Policy Studies*, vol. 18, no. 3, pp. 359–394, 2016.
- S. Schmitt and K. Denes, "The impact of the regulatory reform process on R&D investment of european electricity utilities," in *Beiträge zur Jahrestagung des Vereins für Socialpolitik*, 2013.
- T. Sakai et al., "Activities of the safety and operation project for the international research and development of the sodium-cooled fast reactor in the generation IV international forum," in 2016 24th International Conference on Nuclear Engineering, ICONE 2016, 2016, vol. 2.
- T. Silva, M. Jian, and Y. Chen, "Process analytics approach for R&D project selection," *ACM Transactions on Management Information Systems*, vol. 5, no. 4, 2014.
- T. U. Daim, T. Oliver, and I. Iskin, "Research and development (R&D) portfolio management in the electric utility sector: Does it change for the service sector?" *Benchmarking: An International Journal*, vol. 20, no. 2, pp. 186–211, Apr. 2013.
- W. Jingmei and G. Peng, "The robustness risk and selection optimization of R&D project portfolio under uncertainty," in 2015 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services (GSIS), 2015, pp. 622–627.
- X. Li, X. Zhu, Q. Liao, and H. Sun, "Evaluation of power transmission and transformation projects using fuzzy multi-layer models," *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, vol. 17, no. 47, pp. 21.1-21.6, 2016.
- Y. Yi, Z. Chen, and L. Wang, "Statistical evaluation and prediction of audible noise of HVDC transmission lines," in 2016 IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, CEIDP 2016, 2016, vol. 2016-Decem, pp. 279–282.