

ANALISIS RANTAI PASOK UNTUK MENGURANGI KETERLAMBATAN PADA PROYEK BANGUNAN HIJAU DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS

(Supply Chain Analysis to Reduce Delays on Green Building Projects with Analytical Hierarchy Process Method)

Rossy Armyn Machfudiyanto¹, Ammar Syahreza¹

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

E-mail: ammar.syahreza@ui.ac.id

Diterima 5 Maret 2022, Disetujui 27 Mei 2022

ABSTRAK

Di negara berkembang seperti Indonesia dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi maka kebutuhan konstruksi pembangunan juga semakin meningkat. Namun konstruksi bertanggung jawab atas dampak buruk terhadap lingkungan mulai dari ekstraksi, pemrosesan dan pengangkutan bahan mentah, konstruksi, dan pengoperasian fasilitas bangunan. Sektor bangunan juga merupakan penyumbang penggunaan energi terbesar (sekitar 40%). Berdasarkan hal tersebut muncul inovasi berupa Bangunan Hijau untuk mengurangi dampak buruk lingkungan. Tapi, dalam implementasinya bangunan hijau sering ditemukan kendala berupa penundaan dan keterlambatan jadwal pembangunan yang salah satunya disebabkan oleh aktivitas pada rantai pasok. Dimana rantai pasok yang tidak efisien pelaksanaannya mulai dari pembelian material, produksi, hingga pengiriman tidak dibuat serendah mungkin biayanya akan mengakibatkan keterlambatan pembangunan bangunan hijau. Penelitian ini menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) untuk mengidentifikasi dan menganalisis aktivitas dalam rantai pasok. Didapatkan bahwa strategi dalam mengurangi keterlambatan pada bangunan hijau adalah rantai pasok yang berfokus kepada efisiensi.

Kata Kunci: Bangunan Hijau, Rantai Pasok, Keterlambatan Jadwal

ABSTRACT

In developing countries such as Indonesia with high population growth, the need for construction is also increasing. However, construction is responsible for adverse impacts on the environment ranging from extraction, processing and transportation of raw materials, construction, and operation of building facilities. The building sector is also the largest contributor to energy use (about 40%). Based on this, innovations emerged in the form of Green Buildings to reduce the negative impact on the environment. However, in the implementation of green buildings, obstacles are often found in the form of delays and delays in the development schedule, one of which is caused by activities in the supply chain. Where an inefficient supply chain implementation starting from the purchase of materials, production, to delivery is not made as low as possible the cost will result in delays in the construction of green buildings. This study uses the Analytical Hierarchy Process (AHP) method to identify and analyze activities in the supply chain. It was found that the strategy in reducing delays in green building is supply chain that focuses on efficiency.

Keywords: Green Building, Supply Chain, Schedule Delay

PENDAHULUAN

Bangunan Hijau muncul sebagai inovasi untuk menawarkan bangunan yang ramah lingkungan, hemat energi, serta peningkatan kesehatan dan kenyamanan (Xiao, Bie, and Bai 2021). Di Indonesia, terutama kota besar yang pesat dengan pembangunan diperlukan pengelolaan bangunan ramah lingkungan berupa bangunan hijau, mengingat sektor pembangunan menyumbang pemakaian energi terbesar sekitar 40% (RA Laksmi Widyawati 2018). Namun, terdapat hambatan dalam konstruksi bangunan hijau yaitu keterlambatan (Xiao, Bie, and Bai 2021). Dalam sebuah konstruksi scare umum terdapat 3 jenis keterlambatan yaitu, *Non Excusable Delays*, *Excusable Delays*, dan *Compensable Delays* yang juga dapat terjadi pada bangunan hijau (Messah, Widodo, and Adoe 2013).

Proyek bangunan hijau berdasarkan penelitian di Singapura tahun 2013, mengalami keterlambatan 2 kali lipat dibanding proyek tradisional yaitu sebanyak 32.29% (Hwang and Leong 2013). Kemudian, pada tahun 2016 di Arab diberitakan terjadi keterlambatan pada 50% proyek bangunan hijau yang berjalan (Hassan 2016). Di Australia keterlambatan pada bangunan hijau dikarenakan lambatnya tercipta produk ramah lingkungan sehingga terlambat dalam pengembangan rantai pasok (Bon-Gang 2018; Zou and Couani 2012).

Keterlambatan tersebut berdampak pada bertambahnya biaya dalam pelaksanaan proyek, berkurangnya kepuasan pelanggan karena pekerjaan terhenti, serta polusi lingkungan karena proses transportasi pengiriman rantai pasok yang terlambat (Jiang and Payne 2019; RezaHoseini, Noori, and Ghannadpour 2021). Salah satu faktor besar penyebab keterlambatan ialah rantai pasok dimana kurang terintegrasinya pasokan bahan dan alat di tempat dan waktu yang tepat, juga pada impor material yang terlambat sangat berpengaruh pada penundaan jadwal proyek bangunan hijau (Bon-Gang 2018; RezaHoseini, Noori, and Ghannadpour 2021).

Berdasarkan fenomena tersebut, kajian ini mensintesiskan solusi berupa strategi rantai pasok pada bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan proyek bangunan hijau (Boeren and James 2018).

Strateginya berupa manajemen dalam rantai pasok tersebut. Terdapat 5 alternatif manajemen rantai pasok, yaitu rantai pasok berfokus kepada *reliability* (kehandalan), rantai pasok berfokus kepada *responsiveness* (kecepatan dalam merespon), rantai pasok berfokus kepada *agility* (ketangkasan), rantai pasok berfokus kepada *efficiency* (efisiensi), dan rantai pasok berfokus kepada *asset productivity* (produktivitas aset). Pemilihan 5 manajemen dalam rantai pasok tersebut berdasarkan studi literatur dan penelitian sebelumnya, dimana terdapat 5 aspek manajemen rantai pasok dapat dikatakan baik yang merupakan metodologi dari *Supply Chain Council* yang disebut *Supply Chain Operation Reference* (SCOR) (Arsyad 2017; Thaha 2016).

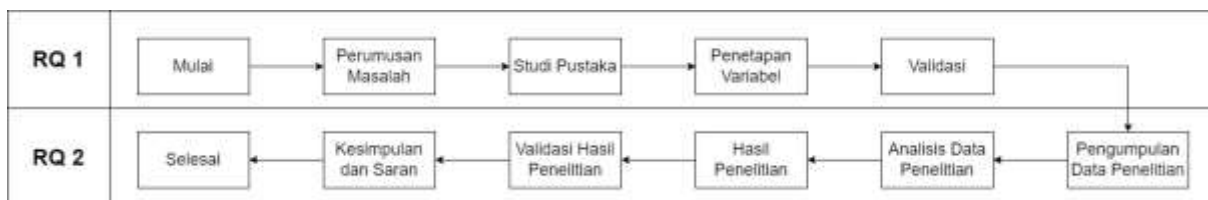
Tujuan penelitian ini diantaranya adalah mengidentifikasi aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan dan menganalisis rantai pasok dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan.

METODE

• **Alur Penelitian**

Kajian ini memiliki 2 pertanyaan penelitian (*Research Question*) yang berguna untuk mendapatkan tujuan dari penelitian ini. *Research Question 1* (RQ 1) pada kajian ini adalah “Apa saja aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan?”. Selanjutnya, *Research Question 2* (RQ 2) pada penelitian ini adalah “Bagaimana analisis rantai pasok dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan?”.

Proses yang digunakan untuk menjawab pertanyaan penelitian (*Research Question*) ini mengacu pada Gambar 1 yang merupakan diagram alir dalam penelitian ini. Diagram alir ini menjelaskan langkah – langkah dalam penelitian ini dimulai dari perumusan masalah, studi pustaka, penetapan variabel, validasi variabel, pengumpulan data penelitian, analisis data penelitian, hasil penelitian, validasi hasil penelitian, dan hasil akhir berupa kesimpulan dan saran dari penelitian ini.



Gambar 1. Alur Penelitian.

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat alur penelitian dalam menyelesaikan RQ 1 adalah dengan merumuskan masalah dan diperlukan *input* yaitu, penetapan variabel aktivitas rantai pasok pada bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan dengan melakukan studi pustaka. Selanjutnya, diproses

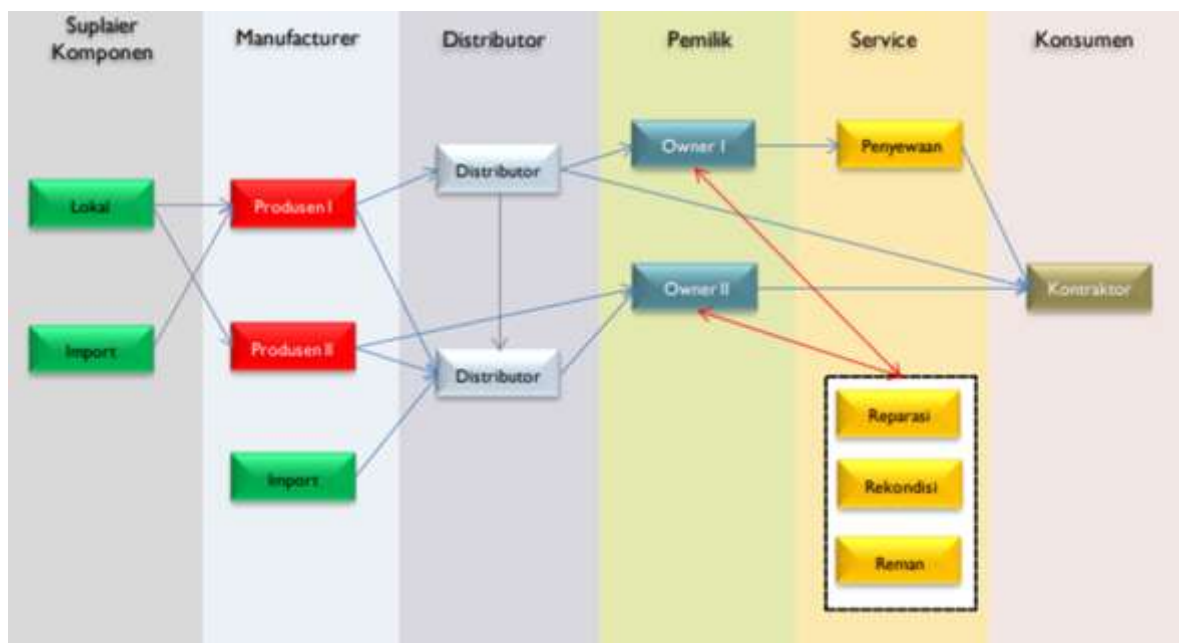
dengan validasi oleh pakar bangunan hijau dan rantai pasok. Terakhir, didapatkan *output* berupa aktivitas rantai pasok pada bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang tervalidasi. Setelah RQ 1 terjawab, maka dilanjutkan dengan RQ 2.

Pada penyelesaian RQ 2, diperlukan *input* yaitu, aktivitas rantai pasok pada bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang tervalidasi. Selanjutnya diproses dengan pengumpulan dan analisis data penelitian menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), lalu didapatkan hasil penelitian yang divalidasi lagi oleh pakar bangunan hijau sehingga mendapatkan kesimpulan dan saran. Maka, akan menghasilkan *output* berupa analisis rantai pasok pada bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan.

• Pengumpulan Data Tahap 1 – Validasi Pakar

Pada tahap 1 ini, peneliti melakukan studi literatur terkait variabel apa saja yang merupakan aktivitas pada rantai pasok bangunan hijau yang dapat mengurangi

keterlambatan pada proyek bangunan hijau. Pengelompokan aktivitas dan indikator ini merupakan kombinasi dari 2 studi literatur. Pertama, merupakan Manajemen Rantai Pasok Hijau atau *Green Supply Chain Management* (GSCM) berupa konsep manajemen rantai pasok dengan memperhatikan aspek lingkungan secara terintegrasi dengan tujuan meminimalkan limbah. GSCM memiliki beberapa komponen yaitu, *Green Purchasing*, *Green Manufacturing/Material Management*, *Green Distribution/Marketing*, serta *Reverse Logistic* (Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019). Kedua, merupakan kajian yang dilakukan Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2013 berupa rantai pasok hijau yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur Rantai Pasok Konstruksi Hijau.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa alur rantai pasok konstruksi hijau mulai dari Suplaiir Komponen, *Manufacturer*, *Distributor*, *Pemilik*, *Service*, dan *Komsumen* (KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013). Maka dari itu, pada kajian ini dikombinasikan aktivitas dan indikatornya sebagai berikut.

1. *Green Purchasing/Green Procurement*

Green Purchasing/Green Procurement atau pengadaan hijau merupakan adalah praktik dalam memilih pemasok yang mengimplementasikan metode ramah lingkungan saat memproduksi. Pengadaan hijau merupakan sarana meningkatkan produk dan operasi dari perspektif lingkungan untuk mengurangi risiko, total biaya, kepemilikan, dan meningkatkan kinerja rantai pasok (Hardiani and Adi 2017; Chan et al. 2018; Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019).

2. *Green Supply*

Green Supply yaitu penyediaan komponen alat berat dan material berkelanjutan berupa *green material* atau material ramah lingkungan (Wibowo, Handayani, and Mustikasari 2018; Balai Diklat

PUPR Wilayah V Yogyakarta 2019; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013).

3. *Green Manufactur*

Green Manufactur adalah proses pembuatan alat maupun material yang memanfaatkan input dengan dampak lingkungan yang rendah, serta proses yang sangat produktif dengan hampir nol limbah dan kontaminasi (Fenner and Kibert 2017; Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019; Ghazilla et al. 2015; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013).

4. *Green Distribution*

Green Distribution yang merupakan pihak yang mendistribusikan produknya ke pengguna dengan menerapkan *Green Packaging* atau pengemasan hijau dan *Green Logistic* berupa penyimpanan hijau dan transportasi hijau (Kirunga and Kihara 2018; Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013).

5. *Green Service*

Green Service berupa pelayanan penyewaan, perawatan, rekondisi, dan penjualan pada alat berat dan material yang ramah lingkungan (Pembinaan,

Daya, and Pengantar 2012; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013).

6. Green Consumer

Green Consumer yang merupakan pihak pengguna yaitu kontraktor dalam penggunaan alat berat dan materialnya (KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013).

7. Reverse logistic

Reverse Logistic yaitu proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengawasan arus dua arah secara efisien untuk mengembalikan kembali dari

konsumen ke pabrik untuk membuangnya secara benar atau mendapatkan kembali nilainya (Wibowo, Handayani, and Mustikasari 2018; Priyono 2008; Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019).

Setelah mendapatkan variabel dan indikator tersebut, pada kajian ini akan dilakukan validasi variabel tersebut dengan mengumpulkan data dengan cara survei atau wawancara kepada pakar bangunan hijau dan pakar rantai pasok dengan total 3 orang dengan profilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aktivitas Rantai Pasok untuk Mengurangi Keterlambatan – Hasil RQ 1.

Kategori	Pakar 1	Pakar 2	Pakar 3
Inisial	VBP	KGS	MRWA
Pendidikan	S3	S2	S2
Perusahaan	PT. KM	PT.WK	PT.G
Jabatan	Tenaga Ahli	Deputy Project Manager	Program Development Manager
Pengalaman Kerja	10 Tahun	15 Tahun	15 Tahun
Bidang Pakar	Bangunan Hijau	Rantai Pasok	Bangunan Hijau

Tujuan dari tahap ini adalah untuk memvalidasi variabel yang akan digunakan pada penelitian ini.

• Pengumpulan Data Tahap 2 – Pilot Survei

Pilot survei merupakan survei awal untuk menjadi pra-pengujian atau mencoba instrumen penelitian tertentu. Maka, peneliti dapat melakukannya untuk persiapan dalam melakukan survei respondennya (Teijlingen 2018). Pada tahap ini data yang dikumpulkan berdasarkan variabel yang sudah divalidasi oleh pakar. Survei yang dilakukan pada tahap ini berupa survei awal dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kesulitan dan pemahaman dari pertanyaan yang akan dilakukan pada tahap 3 atau survei responden. Pada tahap ini dilakukan survei kepada 3 orang calon responden.

• Pengumpulan Data Tahap 3 – Survei Responden

Tahap ketiga dilakukan survei respon yang dengan pertanyaan yang telah disaring pada pilot survei. Pertanyaan yang berada pada survei responden ini akan digunakan untuk menyelesaikan rumusan masalah kedua yaitu, bagaimana analisa rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan. Tujuan pada tahap ini ialah, setelah data terkumpul pada survei ini akan dilakukan analisis lebih lanjut dengan metode *Analytical Hierarchy Process* untuk menjawab tujuan dari penelitian ini. Jumlah responden metode AHP tidak mempunyai perumusan tertentu, namun hanya ada batas minimum yaitu, 2

orang (Saaty 1993). Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data kepada 3 orang responden pakar bangunan hijau

• Pengumpulan Data Tahap 4 – Validasi Pakar

Pengumpulan data tahap 4 ialah validasi hasil penelitian oleh pakar, dimana hasil dari data yang sudah dianalisis dan mendapatkan hasil berupa analisis rantai pasok pada bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data kepada 3 orang pakar bangunan hijau. Kemudian, tujuan dari tahap ini adalah setelah modelnya didapatkan akan terdapat sebuah argumentasi dan analisis dalam hasil penelitian ini yang akan divalidasi oleh pakar bangunan hijau sehingga mendapatkan kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• Research Question-1

Temuan pada *research question* 1 didapatkan dari hasil validasi oleh pakar, dengan hasilnya berupa aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang sudah tervalidasi. Berdasarkan validasi tersebut didapatkan aktivitasnya berupa 7 variabel rantai pasok bangunan hijau yang tiap variabelnya memiliki indikator masing-masing, dengan total indikator adalah 23 indikator. Aktivitas dan indikator yang didapatkan berasal dari studi literatur dan pendapat para responden yang didapatkan saat melakukan validasi, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 2. Aktivitas Rantai Pasok untuk Mengurangi Keterlambatan – Hasil RQ 1.

Kode Variabel	Variabel	Kode Indikator	Indikator
X.1	<i>Green</i>	X.1.1	Pengoptimalan waktu prosedur pelaksanaan pengadaan hijau
	<i>Purchasing/Green</i>	X.1.2	Kualitas staf pelaksana untuk menangani pengadaan hijau yang baik

	<i>Procurement</i>	X.1.3	Terdapat penegakan atau kode khusus untuk melaksanakan pengadaan hijau.
		X.1.4	Birokrasi Perijinan yang Efektif
		X.2.1	Kedekatan jarak lokasi pemasok material atau alat berat ke lokasi proyek
		X.2.2	Pemasok material atau alat yang produknya buatan dalam negeri
X.2	<i>Green Supply</i>	X.2.3	Kejelasan kriteria penentuan material ramah lingkungan
		X.2.4	Keseimbangan jumlah pemasok (industri) dalam negeri
		X.2.5	Kemudahan tingkat pemahaman dan aplikasi dari tingkat pemasok mengenai material dan alat berat ramah lingkungan
		X.3.1	Jelasnya konsep teknologi, pemahaman dan sumber daya dalam penerapan proses manufaktur hijau
X.3	<i>Green Manufactur</i>	X.3.2	Standar Desain Bangunan Hijau (harus punya standar yang sama anatara perencana, owner dan kontraktor)
		X.4.1	Penerapan Green Storage yang mempertimbangkan pemanfaatan ruang yang efisien
X.4	<i>Green Distribution</i>	X.4.2	Penerapan Green Transportation yang memperhatikan bahan bakar, praktik operasional, dan moda transportasi
		X.5.1	Ketersediaan alat berat ramah lingkungan
		X.5.2	Terdapat suku cadang dan perawatan alat berat ramah lingkungan
		X.5.3	Pelayanan rekondisi alat berat ramah lingkungan yang baik
X.5	<i>Green Service</i>	X.5.4	Jelasnya informasi status ketersediaan alat berat atau material ramah lingkungan
		X.5.5	Ketersediaan Engineer yang mempunyai kompetensi desain Bangunan Hijau
		X.6.1	Perencanaan dalam menggunakan material dan alat berat ramah lingkungan
X.6	<i>Green Consumer</i>	X.6.2	Strategi untuk mnimalisasi pencemaran lingkungan
		X.6.3	Kemudahan tingkat pemahaman dan aplikasi dari tingkat pengguna mengenai material dan alat berat ramah lingkungan
		X.7.1	Terdapat sistem persediaan penanganan pergerakan produk dari hilir ke hulu
X.7	<i>Reverse Logistic</i>	X.7.2	Mengimplementasikan transportasi reverse logistic secara baik

Berdasarkan pengumpulan data tahap 1 didapatkan variabel aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan sebagai berikut. Pada variabel *Green Purchasing/Green Procurement* didapatkan 4 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan dalam penelitian (Chan et al. 2018; Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019). Variabel selanjutnya, *Green Supply* didapatkan 5 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan pada studi pustaka (Balai Diklat PUPR Wilayah V Yogyakarta 2019; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013). Kemudian, variabel *Green Manufactur* didapatkan 2 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan pada penelitian dan studi pustaka (Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019; Ghazilla et al. 2015; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013). Lalu, variabel *Green Distribution* didapatkan 2 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan pada penelitian dan studi pustaka (Manik, Lumbantoruan, and

Nasution 2019; Kirunga and Kihara 2018; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013).

Berikutnya, variabel *Green Service* didapatkan 5 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan pada penelitian dan studi pustaka (Pembinaan, Daya, and Pengantar 2012; KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013). Variabel selanjutnya adalah *Green Consumer* yang didapatkan 3 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan pada studi pustaka (KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM 2013). Terakhir variabel *Reverse Logistic* didapatkan 2 indikator aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan yang juga ditemukan pada penelitian sebelumnya (Priyono 2008; Manik, Lumbantoruan, and Nasution 2019).

- *Research Question-2*

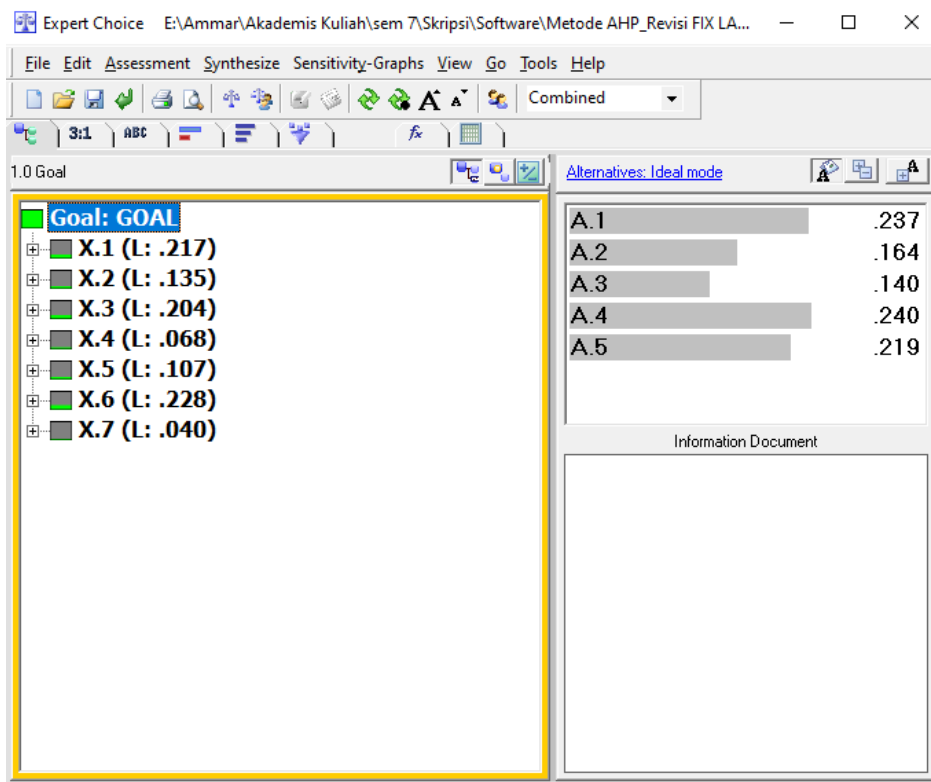
Temuan *research question 2* berupa bobot tiap alternatif untuk setiap kriteria aktivitas rantai pasok bangunan hijau yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 3. Bobot tiap Alternatif untuk tiap Kriteria Aktivitas Rantai Pasok untuk Mengurangi Keterlambatan – Hasil RQ 2.

Kriteria	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Reliability</i>	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Responsiveness</i>	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Agility</i>	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Efficiency</i>	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Asset Productivity</i>
<i>Green Purchasing/Green Procurement</i>	0.304	0.176	0.11	0.292	0.118
<i>Green Supply</i>	0.212	0.182	0.136	0.248	0.223
<i>Green Manufactur</i>	0.197	0.165	0.147	0.232	0.258
<i>Green Distribution</i>	0.126	0.078	0.126	0.197	0.473
<i>Green Service</i>	0.247	0.186	0.127	0.209	0.231
<i>Green Consumer</i>	0.249	0.154	0.17	0.211	0.216
<i>Reverse Logistic</i>	0.245	0.138	0.12	0.329	0.168

Dapat diketahui rantai pasok yang berfokus kepada *reliability* menjadi prioritas pada kriteria *Green Purchasing/Green Procurement* serta *Green Consumer*. Lalu rantai pasok yang berfokus kepada *efficiency* menjadi prioritas pada kriteria *Green Supply* dan *Reverse Logistic*. Kemudian, rantai pasok yang berfokus kepada *asset productivity* menjadi prioritas pada kriteria *Green Manufactur*, *Green Distribution*, dan *Green Service*.

Selanjutnya *research question 2* temuan akhirnya berupa prioritas alternatif rantai pasok untuk mengurangi keterlambatan pada bangunan hijau. Prioritas tersebut didapatkan dari pengolahan data dengan bantuan software *Expert Choice* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 4.



Gambar 3. Bobot dan Prioritas Alternatif Rantai Pasok – Hasil RQ 2.

Tabel 4. Bobot dan Prioritas Alternatif Rantai Pasok – Hasil RQ 2.

Kode	Alternatif	Bobot	Prioritas
A.1	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Reliability</i>	0.237	2
A.2	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Responsiveness</i>	0.164	4
A.3	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Agility</i>	0.140	5

Kode	Alternatif	Bobot	Prioritas
A.4	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Efficiency</i>	0.240	1
A.5	Rantai Pasok yang berfokus kepada <i>Asset Productivity</i>	0.219	3

Dapat diketahui bahwa rantai pasok yang berfokus kepada *Efficiency* adalah prioritas pertama untuk mengurangi keterlambatan pada bangunan hijau dengan bobot 24%. Kemudian, diikuti dengan alternatif rantai pasok yang berfokus kepada *Reliability*, *Asset Productivity*, *Responsiveness*, dan *Agility*.

Melalui olahan data dengan *software Expert Choice*, didapatkan kriteria yang paling berpengaruh dalam mengurangi keterlambatan pada proyek bangunan hijau adalah kriteria *Green Consumer* (X.6) dengan bobot sebesar 0.235, prioritas kedua adalah *Green Supply* (X.2) dengan bobot 0.212, prioritas ketiga adalah *Green Purchasing/Green Procurement* (X.1) dengan bobot 0.191, prioritas keempat adalah *Green Manufactur* (X.3) dengan bobot 0.152, prioritas kelima adalah *Green Service* (X.5) dengan bobot 0.091, prioritas keenam adalah *Green Distribution* (X.4) dengan bobot 0.081, dan prioritas ketujuh adalah *Reverse Logistic* (X.7) dengan bobot 0.038. Pada kajian sebelumnya oleh Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2013 dan pakar diketahui untuk kriteria *Green Consumer* terdapat sub-kriteria Perencanaan dalam menggunakan material dan alat berat ramah lingkungan, Strategi untuk minimalisasi pencemaran lingkungan, dan Kemudahan tingkat pemahaman dan aplikasi dari tingkat pengguna mengenai material dan alat berat ramah lingkungan yang berdasarkan analisis data diketahui memiliki peran utama untuk mengurangi keterlambatan pada proyek bangunan hijau.

Selanjutnya, untuk bobot dan prioritas alternatif secara dalam tinjauan tujuan yaitu, mengurangi keterlambatan pada bangunan hijau. Prioritas utamanya adalah rantai pasok yang berfokus kepada *efficiency* dengan bobot sebesar 24%, yang kedua adalah rantai pasok yang berfokus kepada *reliability* dengan bobot sebesar 23.5%, ketiga adalah rantai pasok yang berfokus kepada *asset productivity* dengan bobot sebesar 21.9%, yang keempat adalah rantai pasok yang berfokus kepada *responsiveness* dengan bobot sebesar 16.6%, dan yang terakhir adalah rantai pasok yang berfokus kepada *agility* dengan bobot sebesar 14%. Pada kajian ini berdasarkan analisis data untuk mengurangi keterlambatan pada proyek bangunan hijau diperlukan penanganan rantai pasok yang efisien.

Penanganan rantai pasok yang efisien berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Arsyad pada tahun 2017 berarti manajemen rantai pasok yang bagus juga dicirikan oleh proses efisiensi disepanjang rantai pasok dengan seluruh proses mulai dari pembelian material, produksi, hingga pengiriman dibuat serendah biayanya mungkin supaya efisien. Rantai pasok dengan biaya serendah mungkin diharapkan akan mengurangi variabilitas dari pembelian material, produksi, hingga

pengiriman yang tidak efisien sehingga meminimalisir keterlambatan dalam pengadaan, penjadwalan produksi yang salah, dan pengiriman yang tidak efektif (Fadlillah 2011).

Kemudian, jika dilakukan komparasi dengan alternatif dengan bobot terendah yaitu, rantai pasok yang berfokus kepada *agility*. Dimana pada alternatif ini fokus kepada ketangkasan dalam kemampuan fleksibilitas dan kemampuan adaptasi. Pada alternatif ini tidak menjadi prioritas utama karena dalam penjelasan rantai pasok yang berfokus kepada *efficiency* dibuat serendah mungkin biayanya yaitu, pada perencanaan. Berbeda dengan rantai pasok yang berfokus kepada *agility* yang harus fleksibel dan adaptif jika terjadi perubahan saat pelaksanaan (Arsyad 2017; Thaha 2016). Terdapat tambahan dari pakar juga yaitu, efektivitas keseluruhan rantai pasok juga penting serta seluruh aspek saling berhubungan penting dalam rantai pasok untuk mengurangi keterlambatan.

Berdasarkan hasil pada kajian ini berupa rantai pasok yang berfokus pada *efficiency* terdapat perbedaan pada penelitian sebelumnya yang berupa rantai pasok yang berfokus kepada *reliability*, namun memiliki persamaan berupa rantai pasok yang berfokus kepada *agility* merupakan yang terendah prioritasnya (Thaha 2016). Perbedaan itu sangat mungkin terjadi karena pada penelitian sebelumnya membahas mengenai pengukuran kinerja rantai pasok pada konstruksi perumahan, berbeda pada kajian ini yang membahas brantai pasok pada bangunan hijau.

Terakhir, dengan analisis sensitivitas yang dilakukan kepada kriteria utama yaitu, variabel *Green Consumer*. Diketahui *Green Consumer* (X.6) sensitif jika diubah bobotnya dari 0.288 menjadi 0.4 karena prioritas utama alternatif rantai pasoknya berubah menjadi *reliability*. Dapat diketahui jika terjadi perubahan bobot terhadap kriteria terkait (contoh: informasi baru) maka, prioritas utamanya berubah.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dengan judul “Analisis Rantai Pasok untuk Mengurangi Keterlambatan pada Proyek Bangunan Hijau”, peneliti mendapatkan kesimpulan yaitu diperoleh aktivitas rantai pasok pada proyek bangunan hijau untuk mengurangi keterlambatan dengan validasi pakar, sebanyak 7 aktivitas berupa *Green Purchasing/Green Procurement*, *Green Supply*, *Green Manufactur*, *Green Distribution*, *Green Service*, *Green Consumer*, dan *Reverse Logistic* dimana setiap aktivitas mempunyai indikatornya masing-masing.

Didapatkan juga dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk bobot prioritas masing-masing

alternatif terhadap tujuan untuk mengurangi keterlambatan pada proyek bangunan hijau dengan bobot prioritas terbesar pada rantai pasok yang berfokus kepada *efficiency* sebesar 24%, diikuti rantai pasok yang berfokus kepada *reliability* sebesar 23.7%, lalu rantai pasok yang berfokus kepada *asset productivity* sebesar 21.9%, kemudian rantai pasok yang berfokus kepada *responsiveness* sebesar 16.4%, dan rantai pasok yang berfokus kepada *agility* sebesar 14%. Hal tersebut menunjukkan diperlukan manajemen rantai pasok dengan seluruh proses mulai dari pembelian material, produksi, hingga pengiriman dibuat serendah biayanya mungkin supaya efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Sipil Universitas Indonesia yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- Arsyad, K.M.** (2017). "Modul Pengenalan Manajemen Rantai Pasok Pelatihan Manajemen Rantai Pasok Konstruksi."
- Balai Diklat PUPR Wilayah V Yogyakarta.** (2019). "Tahap Pelaksanaan Bangunan Gedung Hijau."
- Chan, Shiau Wei, S. T.Suman Tiwari, M. F. Ahmad, Izzuddin Zaman, and Wan Ling Sia.** (2018). "Green Procurement Practices and Barriers in Furniture Manufacturing Companies." *International Journal of Supply Chain Management* 7 (6): 431–38.
- Fadlillah, Beny.** (2011). "UPAYA MEMINIMASI BULLWHIP EFFECT PADA SUPPLY CHAIN DENGAN PERBAIKAN SISTEM PEMESANAN GUNA MENDAPATKAN BIAYA PEMESANAN YANG OPTIMAL (Studi Kasus Di CV. Rahmat, Blora)." *中国工业经济*, 138–55.
- Fenner, Andriel Evandro, and Charles Joseph Kibert.** (2017). "Sustainable Manufacturing: Design and Construction Strategies," no. August.
- Ghazilla, Raja Ariffin Raja, Novita Sakundarini, Salwa Hanim Abdul-Rashid, Nor Syakirah Ayub, Ezutah Udency Olugu, and S. Nurmaya Musa.** (2015). "Drivers and Barriers Analysis for Green Manufacturing Practices in Malaysian Smes: A Preliminary Findings." *Procedia CIRP* 26: 658–63. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.085>.
- Hardiani, Novilia, and Tri Joko Wahyu Adi.** (2017). "Factors Affecting the Implementation of Green Procurement in Indonesia Construction Industry." *IPTeK Journal of Proceedings Series 0* (2): 50. <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2017i2.2278>.
- Hwang, Bon Gang, and Lay Peng Leong.** (2013). "Comparison of Schedule Delay and Causal Factors between Traditional and Green Construction Projects" 19 (2): 310–30. <https://doi.org/10.3846/20294913.2013.798596>.
- KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM.** (2013). "KAJIAN RANTAI PASOK MATERIAL DAN PERALATAN KONSTRUKSI DALAM Mendukung Investasi Di Bidang Konstruksi Berlanjut," no. 20.
- Kirunga, Francis, and Allan Kihara.** (2018). "Influence of Green Distribution Practices on Environmental Performance of Chemical Manufacturing Firms in Kenya." *Journal of International Business, Innovation and Strategic Management* 1 (7): 1–15. http://www.jibism.org/core_files/index.php/JIBISM/article/view/76/75.
- Manik, Donald Robert, Reynard Setijadi Lumbantoruan, and Alfian Aziz Nasution.** (2019). "Faktor Pendorong Dan Penghambat Penerapan Green Supply Chain Management." *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* 2 (4). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i4.686>.
- Messah, Y.unita, Theodorus Widodo, and Marisyah Adoe.** (2013). "Kajian Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan." *Universitas Nusa Cendana II* (2): 157–68.
- Pembinaan, Pusat, Sumber Daya.** (2012). "KAJIAN RANTAI PASOK ALAT BERAT KONSTRUKSI DALAM Mendukung Investasi INFRASTRUKTUR," no. 20.
- Priyono, Anjar.** (2008). "Faktor Pendorong Dan Penghambat Rantai Pasokan Ramah Lingkungan: Literatur Review."
- RA Laksmi Widawati.** (2018). "Green Building Dalam Pembangunan Berkelanjutan Konsep Hemat Energi Menuju Green Building Di Jakarta." *Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri* 13. <https://ejournal.borobudur.ac.id/index.php/teknik/article/view/463>.
- Saaty, Thomas L.** (1993). "The Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation," no. July: 1–23.
- Teijlingen, Edwin Roland Van.** (2018). "The Importance of Pilot Studies, Social Research Update, Vol. 35 No" 35 (January 2001).
- Thaha, Putranesia.** (2016). *PENGEMBANGAN MODEL PENGUKURAN KINERJA RANTAI PASOK PADA INDUSTRI KONSTRUKSI PERUMAHAN.*
- Wibowo, Mochamad Agung, Naniek Utami Handayani, and Anita Mustikasari.** (2018). "Factors for Implementing Green Supply Chain Management in the Construction Industry." *Journal of Industrial Engineering and Management* 11 (4): 651–79. <https://doi.org/10.3926/jiem.2637>.