Summary

Supply Chain Risk Management Study of the Indonesian Seaweed Industry

Seaweed supply chains in Indonesia, especially carrageenan and agar products are subject to disruptions from both inside their companies and in their external networks, such as yield, quality, price, and infrastructures. If there is a disturbance in one part of the supply chain, it can affect the whole chain. To ensure a sustainable seaweed industry, long-term planning is needed. Here, supply chain risk management (SCRM) can help. There are four critical steps in SCRM: identifying seaweed supply chains, identifying and categorizing risks, assessing risks, and mitigating risks. To identify seaweed supply chains, I conducted research field, in-depth interviews, and literature studies. The field survey conducted in the Province of South Sulawesi, West Java, East Java, Banten, and West Nusa Tenggara. Afterwards, the seaweed supply chains are modeled by the software Umberto NXT Universal 7.0 to get a better understanding of material and energy flow between the key members. Identification and categorization of the risks were obtained from literature studies. Afterwards, the Delphi method was used to analyze the potential risk sources, their causes, and their impacts. To assess risks, I used a semi-quantitative approach through the face-to-face interviews to generate a risk map showing the likelihood and impact of adverse events. Afterwards, the risk intensity was categorized based on the value of the response classified into five categories: negligible, marginal, critical, most critical, and catastrophic risks. The mitigation strategies considered sustainability (environment, economy, and social) and risks criteria. Three proposed alternative strategies of risk mitigation based on risk assessment are: building a small seaweed plant, large seaweed manufacturing, and seaweed industrial cluster which close to seaweed farming operations. Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) belongs to the Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) was used to evaluate these strategies.

Seaweed supply chains having vertical collaboration consists of seaweed suppliers (farmers, local traders, large traders or exporters) and seaweed manufacturers, carrageenan and agar companies. Most seaweed farmers are independent farmers who have the flexibility to sell their seaweed to a local trader or wherever else they may want to sell it. Local traders play an essential role in the financial support of the farmers, as well as being critical for technical information and market access. Carrageenan and agar manufacturers have been steadily growing in Indonesia due to family business. Seaweed supply chain risks are classified into two main categories: the internal and external risks. The internal risks are further classified into two groups: internal company risks consisting of process and control risks; and external risks of the firm, which are internal risks of the supply chain covering supply and demand risks. The external risks associated with risks arising from the external network chains are risks concerning regulatory issues, financing and infrastructure, and also social and environmental risks. The most critical risk for the carrageenan supply chain is poor quality of *E.c ottonii* raw dried seaweed. Critical risks for the agar supply chain are yield uncertainty and scarcity of *Gracilaria* raw dried seaweed as well as the negative impact of wastewater to environment. Based on case study of semi-refined carrageenan, clustering seaweed processing plants is the best mitigation strategy for either large or small companies. Clustering, however, can adversely affect the local environment.

Keywords: Multi Criteria Decision Analysis, Supply Chain Risk Management, Seaweed Industry, Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)

Zusammenfassung

Die Supply Chain von Algen in Indonesien, insbesondere Karrageen und Agarprodukte, ist mit Störungen innerhalb der Unternehmen und in externen Netzwerken konfrontiert wie z. B. Quantität, Qualität, Preis und Infrastruktur. Sobald eine Störung in einem Teil der Supply Chain auftritt, kann diese die gesamte Wertschöpfungskette beeinflussen. Um eine nachhaltige Algenindustrie sicher zu stellen, bedarf es einer langzeitigen Planung. Hierbei kann das Supply Chain Risk Management (SCRM) helfen. SCRM umfasst vier kritische Stufen: Identifikation der Algen-Supply Chains, Identifikation und Kategorisierung der Risiken, Einschätzen der Risiken und Vermeidung der Risiken. Um die Algen-Supply Chains zu identifizieren, wurden Feldforschung, Tiefeninterviews und Literaturrecherchen durchgeführt. Die Feldstudie wurde in den Provinzen Süd-Sulawesi, West-Java, Ost-Java, Banten und West-Nusa Tenggara durchgeführt. Anschließend wurden die Algen-Supply Chains mit der Software Umberto NXT Universal 7.0 modelliert, um ein besseres Verständnis von den Material- und Energieflüssen zwischen den Hauptakteuren zu erhalten. Um die Risiken zu identifizieren und zu kategorisieren wurden Literaturrecherchen durchgeführt und die Delphi Methode angewandt, um potentielle Quellen der Risiken, ihre Gründe und ihre Effekte zu analysieren. Zur Einschätzung der Risiken wurde ein semi-quantitativer Ansatz gewählt, welcher auf Face-to-face Interviews zurückgreift. Dementsprechend wurde eine Risikokarte erstellt, welche die Wahrscheinlichkeiten und Effekte von ungünstigen Ereignissen widerspiegelt. Basierend auf den vorherigen Ergebnissen wurde die Intensität der Risiken in die folgenden fünf Kategorien unterteilt: vernachlässigbare, geringe, kritische, sehr kritische und katastrophale Risiken. Drei alternative Strategien zur Vermeidung der Risiken werden vorgeschlagen: der Bau einer kleinen Algen-Fabrik, große Algen-Herstellung und industrielle Algen-Cluster, welche direkt am Algenanbau angegliedert sein müssen. Um die Strategien zu bewerten wurde die Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE) angewandt, welche der multikriteriellen Entscheidungsanalyse zuzurechnen ist. Die Vermeidungsstrategien berücksichtigen Nachhaltigkeitskriterien (Ökologie, Wirtschaft, Soziales) und Risikokriterien.

Die Ergebnisse zeigen, dass Algen-Supply Chains mit vertikaler Kooperation, aus Algen-Lieferanten (Farmer, lokale Händler, Großhändler und Exporteure) und Algen-Herstellern (Carrageen- und Agarunternehmen) bestehen. Die meisten Algen-Farmer sind unabhängige Farmer, die die Möglichkeit haben die Algen entweder an lokale Händler oder andere je nach Präferenz verkaufen können. Lokale Händler spielen eine entscheidende Rolle hinsichtlich der finanziellen Unterstützung der Farmer, der technischen Informationen und des Marktzugangs. Indonesische Carrageen- und Agarhersteller weisen ein kontinuierliches Marktwachstum auf, insbesondere als Familienunternehmen. Die Risiken der Algen-Supply Chain werden in zwei Hauptkategorien unterteilt: interne und externe Risiken. Interne Risiken werden weiterhin in zwei Gruppen untergliedert: interne Unternehmensrisiken, welche aus Prozess- und Steuerungsrisiken bestehen, sowie externe Unternehmensrisiken, die Supply- und Nachfragerisiken umfassen. Externe Supply Chain Risiken, die aus externen Netzwerkketten resultieren, sind Risiken hinsichtlich regulatorischer Fragen, der Finanzierung, Infrastruktur als auch soziale und umweltbezogene Risiken. Als kritischstes Risiko für die Carrageen-Supply Chain wurde die mangelnde Qualität von *E.cottonii* rohgetrockneten Algen identifiziert. Weitere kritische Risiken der Agar-Supply Chain sind Quantitätsunsicherheiten, die Knappheit von *Gracilaria* roh getrockneten Algen sowie negative Umweltauswirkungen des Abwassers. Aus der Fallstudie zu halb-raffinierten Karrageen resultierte das Clustern von Algen-Verarbeitungsbetrieben als ist die beste Risikovermeidungsstrategie sowohl für große als auch kleine Unternehmen. Nichtsdestotrotz kann sich das Clustern negativ auf die lokale Umwelt auswirken.

Schlagworte: multikriterielle Entscheidungsunterstützung, Supply Chain Risk Management, Algenindustrie, Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)