



Pengukuran Kinerja *Supply Chain* pada Konstruksi Gedung Bertingkat dengan Menggunakan Pendekatan Metode SCOR (*Supply Chain Operations Reference*)

Taufiq Fitrianto, Andhika Widi R, M. Agung Wibowo, Jati Utomo Dwi Hatmoko

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

^{*}taufiq.fitrianto@ptpp.co.id

Received: 23 Oktober 2019 Revised: 27 Maret 2020. Accepted: 31 Maret 2020

Abstract

Construction industry has a vital role in Indonesia's economic growth. Infrastructure projects have been the priorities in the past five years consistent with RPJMN (National Medium Term Development Plan). It's evident in the percentage of contribution of the construction industry, i.e. 10.2%, to Gross Domestic Product (PDB) and 6.34 million employments (5.3% national labors). However, it isn't followed by efficiency of the construction industry. Increased cost, implementation, delay, conflict and dispute are some problems which arise from fragmentation and causes the construction industry to be known as an inefficient industry. A possible approach to solve fragment problem is studying the supply chain of the construction industry. The present study aimed to measure supply chain performance of construction using SCOR (supply chain) method, the impact and mitigation. The result was that the handling performed in TSM Bali project resulted in 5.56% of indirect waste, 8.63% of direct waste, and 443,711 tonCO₂ of carbon footprint

Keywords: *Construction supply chain, SCOR, waste, carbon footprint*

Abstrak

Industri konstruksi memiliki peranan yang vital dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia. Proyek Infrastruktur menjadi prioritas dalam lima tahun terakhir seperti yang tertuang dalam RPJMN (Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional). Hal tersebut dapat dilihat dari persentase kontribusi industri konstruksi sebesar 10,2% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan menyumbang lapangan sekitar 6,34 juta lapangan kerja (5,3% tenaga kerja nasional). Namun hal tersebut belum dibarengi dengan efisiensi dari industri konstruksi itu sendiri. Meningkatnya biaya, pelaksanaan, keterlambatan, konflik dan perselisihan merupakan beberapa contoh permasalahan yang berawal dari fragmentasi dan menyebabkan industri konstruksi dikenal sebagai industri yang tidak efisien. Pendekatan yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah fragmentasi adalah dengan melihat supply chain industri konstruksi itu sendiri. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja supply chain konstruksi dengan metode SCOR (supply chain), dampak yang dihasilkan dan mitigasi yang dapat dilakukan. Hasil yang didapat adalah dengan penanganan yang dilakukan pada proyek TSM Bali dampak yang terjadi indirect waste yang terjadi adalah 5,56 %, direct waste sebesar 8,63%, dan carbon footprint yang terjadi yaitu sebesar 443,711 tonCO₂.

Kata kunci: *Supply chain konstruksi, SCOR, waste, carbon footprint*

Pendahuluan

Industri konstruksi harus banyak belajar dari industri manufaktur (Abduh, 2011). Hal itu dapat dilihat dari data yang disampaikan *Lean Construction Institute* yang menunjukkan bahwa pemborosan yang terjadi pada industri konstruksi mencapai 57% sedangkan kegiatan yang memberikan nilai tambah hanya 10% berbanding

jauh dengan kinerja industri manufaktur yang mencatat pemborosan sebesar 26% dan kegiatan yang memberikan nilai tambah sebesar 62% (Abduh, 2011). Beberapa penyebab *waste* di Indonesia yaitu terlalu banyaknya perubahan rancangan, koordinasi yang buruk, rendahnya keahlian pekerja, buruknya perencanaan dan pengendalian, keterlambatan dalam pengambilan keputusan hingga keterlambatan *delivery* material.

Selain hal di atas, efisiensi yang rendah juga diakibatkan oleh tingkat fragmentasi yang tinggi (Alwi, *et al.*, 2002). Persaingan konstruksi tidak hanya berkuat pada individu perusahaan tetapi persaingan antar jaringan *supply chain*.

Desain *supply chain* yang buruk akan dapat meningkatkan biaya pelaksanaan proyek secara signifikan (Wirahadikusumah & Susilawati, 2006). Begitu juga dengan meningkatnya biaya, pelaksanaan, keterlambatan, konflik dan perselisihan merupakan beberapa contoh permasalahan yang berawal dari fragmentasi hingga industri konstruksi dikenal sebagai industri yang tidak efisien (Tucker *et al.*, 2001).

Pendekatan yang dapat dipakai untuk menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan fragmentasi adalah dengan melihat *supply chain* industri konstruksi itu sendiri (Abduh, 2011). *Supply chain* adalah pemasok, pembuat, transportasi, *distributor*, *vendor* dan penjamin yang diciptakan untuk mengubah bahan dasar menjadi suatu produk dan memasok produk tersebut kepada pengguna sesuai nilai yang diminta (Amien, 2012).

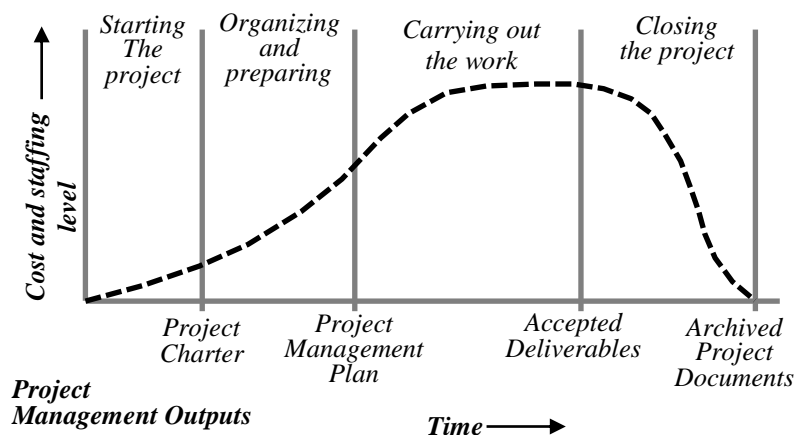
Pengertian lebih spesifik diberikan oleh Capo *et al.* (2004) yaitu bahwa *supply chain* konstruksi adalah hubungan berbagai pihak dalam suatu rangkaian proses konstruksi yang menghasilkan produk konstruksi (Capo *et al.*, 2004). *Supply chain* yang dapat menyelesaikan berbagai permasalahan industri konstruksi yang telah disebutkan sebelumnya tentunya adalah *supply chain* yang memiliki kinerja yang baik. Mengingat setiap proyek memiliki keunikannya masing masing, *supply chain* pada tiap proyek akan memiliki perbedaan antara satu dengan yang lain (Wirahadikusumah & Susilawati, 2006).

Oleh karena itu sebuah proyek membutuhkan sebuah kerangka untuk menilai kinerja dari *supply chain* yang berjalan pada proyek tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu adalah pendekatan dengan metode *supply chain operation reference* (SCOR) yang dikeluarkan oleh *Supply Chain Council*. SCOR adalah sebuah *framework* yang digunakan untuk mengevaluasi dan membandingkan aktivitas *supply chain* dan kinerjanya. *Framework* dari SCOR ini memungkinkan sebuah organisasi untuk dapat menentukan dan membandingkan kinerja dari *supply chain* dan operasi terkait baik di dalam organisasi maupun dengan organisasi lainnya secara cepat (*Supply Chain Council*, 2012).

Pendekatan SCOR sendiri juga masih perlu disesuaikan dengan kondisi aktual di lapangan dan industri konstruksi sehingga memungkinkan untuk dijadikan acuan dalam menilai kinerja *supply chain* pada konstruksi. Pengukuran kinerja dengan menggunakan model SCOR ini sendiri dilakukan berdasarkan lima dimensi yang dikembangkan oleh *Supply Chain Council* yaitu *reliability*, *responsiveness*, *agility*, *costs*, dan *asset*. Diharapkan dengan beberapa penyesuaian, SCOR dapat mengukur kinerja *supply chain* pada konstruksi gedung bertingkat.

Proyek konstruksi

Konstruksi adalah kemampuan untuk membangun sesuatu. Hal itu adalah salah satu keterampilan tertua yang dimiliki manusia. Sejak zaman prasejarah, keterampilan membangunlah yang membedakan *Homo Sapiens* dari spesies lain (Widiasanti & Lenggogeni, 2013). Proyek memiliki ukuran dan kompleksitas yang berbeda-beda. Semua proyek dapat dipetakan mengikuti siklus hidup generik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber: Project Management Institute, 2013

Gambar 1. Siklus hidup generik proyek

Menurut PT. PP (Persero) Tbk, proyek adalah aktivitas sementara dari personil, material, serta sarana untuk menjadikan/mewujudkan sasaran-sasaran proyek dalam kurun waktu tertentu yang kemudian berakhir (Januar, 2013). Setiap proyek konstruksi memiliki keunikannya masing-masing, karena tiap proyek memiliki karakteristik yang berbeda akibat variabel yang berbeda pula. Oleh karena itu, tidak ada proyek yang sama persis antar satu dengan lainnya.

Berdasarkan pengertian di atas maka proyek dapat dikatakan memiliki ciri memiliki tujuan dan sasaran berupa suatu produk akhir, proyek memiliki sifat sementara, yaitu telah jelas titik awal mulai dan selesai dan biaya, waktu dan mutu dalam pencapaian tujuan dan sasaran tersebut telah ditentukan. Jenis dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung menyebabkan proyek memiliki sifat *nonrepetitif* atau tidak berulang. Tahapan proyek konstruksi dapat dibagi menjadi empat tahap (Widiasanti & Lenggogeni, 2013) yaitu tahap konseptual atau tahap kelayakan. Tahap ini merupakan tahap awal bagi pemilik proyek atau pemberi tugas. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini antara lain memformulasikan gagasan; studi kelayakan yang mencakup berbagai aspek termasuk biaya, risiko dan politik, ekonomi, sosial, budaya; pembuatan strategi perencanaan.

Tahap perencanaan dan desain. Tahap ini sudah melibatkan beberapa konsultan untuk membuat perencanaan bagi keberlanjutan proyek. Pada tahap ini dilakukan kegiatan-kegiatan, antara lain desain dasar perencanaan proyek; perencanaan lebih jelas mengenai biaya dan penjadwalan proyek; penentuan syarat dan ketentuan kontrak serta pelaksanaan pelelangan.

Tahap produksi/pelaksanaan/konstruksi. Tahap ini merupakan tahap pembangunan atau implementasi proyek konstruksi yang melibatkan pelaksana/kontraktor dan berisikan kegiatan-kegiatan, antara lain mobilisasi dan demobilisasi peralatan dan tenaga kerja, pelaksanaan pekerjaan-pekerjaan sipil, pengendalian dan pengujian-pengujian. Tahap serah terima/operasional. Tahap ini merupakan tahap terakhir dalam proyek konstruksi setelah pelaksanaan pembangunan terjadi. Pada tahap ini dilakukan antara lain serah terima proyek; perawatan bangunan hingga jangka waktu yang disepakati.

Manajemen *supply chain*

Supply chain didefinisikan sebagai sebuah grup dari perusahaan yang terinterkoneksi dan menambah nilai pada sebuah aliran dari masukan

yang telah dirubah dari sumber asalnya menjadi produk akhir atau jasa yang merupakan bentuk permintaan dari konsumen akhir yang dituju (Lu, 2011). *Supply chain* merupakan jaringan dari perusahaan yang bekerja bersama untuk menciptakan dan menghantarkan suatu produk dari suplier hingga sampai ke pelanggan (Chopra & Meindl, 2010). Konsep *supply chain* didefinisikan sebagai jaringan perusahaan yang terlibat dalam proses pendistribusian barang, jasa, sumber daya dan aliran informasi mulai dari *supplier* hingga sampai ke pelanggan (Mentzer *et al.*, 2001).

Kumpulan dari berbagai *stakeholder* tersebut tentunya memerlukan langkah pengorganisasian dan perencanaan dalam operasinya. Oleh karena itu disinilah manajemen *supply chain* dibutuhkan. Manajemen *supply chain* adalah pengelolaan hulu (*upstream*) dan hilir (*downstream*) yang berhubungan dengan *supplier*, distributor dan pelanggan untuk mencapai kepuasan yang lebih baik dari pelanggan dengan pengeluaran yang sedikit (Christopher, 2016). Gambar 2 dibawah ini adalah simplifikasi model *supply chain* dan tiga macam aliran yang dikelola (Pujawan, 2005).

Pada suatu *supply chain* ada tiga macam aliran yang perlu dikelola (Pujawan, 2005). Pada Gambar 2 ditunjukkan kondisi: (1) aliran barang yang mengalir dari hulu (*upstream*) ke hilir (*downstream*). Contohnya adalah bahan baku yang dikirim dari *supplier* ke pabrik. Setelah produk selesai diproduksi, barang dikirim ke distributor, lalu ke pengecer atau ritel, kemudian ke pemakai akhir. (2) Aliran uang yaitu segala bentuk transaksi yang mengalir dari hulu ke hilir ataupun berlaku sebaliknya. Aliran ini membahas sistem dan waktu pembayaran yang dilakukan. (3) Aliran informasi yang mengalir dari hulu ke hilir ataupun sebaliknya.

Informasi tentang ketersediaan kapasitas produksi yang dimiliki oleh *supplier* juga sering dibutuhkan oleh pabrik. Informasi tentang status pengiriman bahan baku sering dibutuhkan oleh perusahaan yang mengirim maupun penerima.

Kurangnya integrasi *supply chain* pada konstruksi dapat ditingkatkan dengan cara mencapai integrasi antara komponen internal dan eksternal rantai pasok, *suppliers*, desainer, kontraktor, sub-kontraktor, dan pelanggan internal maupun eksternal melalui perencanaan dan pengukuran kinerja *supply chain* pada konstruksi. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengukur kinerja *supply chain* proyek konstruksi, (2) mengukur besaran dampak yang dihasilkan dari penanganan *supply chain*, (3) menentukan rencana mitigasi *supply chain* berdasarkan *best practice* yang ada.

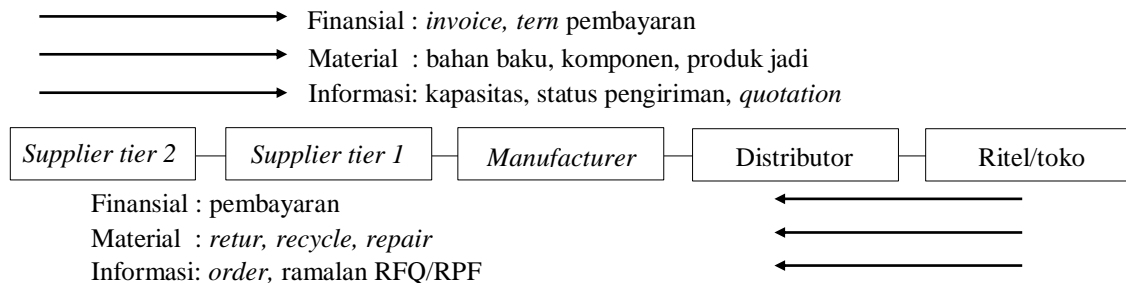
Metode Penelitian

Bentuk penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif, yaitu penelitian yang berusaha untuk mendeskripsikan sebuah peristiwa ataupun fenomena yang terjadi pada lingkup waktu tertentu. Layaknya penelitian kualitatif, metode ini biasa digunakan untuk kajian terhadap ilmu pendidikan, manajemen dan administrasi bisnis, kebijakan publik, pembangunan ataupun ilmu hukum yang biasanya digunakan untuk perbaikan kinerja secara intensif (Indrawan & Yaniawati, 2014).

Tahapan penelitian yang dilakukan mulai dari perumusan masalah, perumusan tujuan penelitian, studi pustaka mengenai *supply chain management* dan SCOR, mengadopsi kerangka penilaian kinerja SCOR untuk dapat diaplikasikan pada proyek konstruksi, membuat kuesioner indikator kinerja *supply chain* dengan metode SCOR, validasi ke proyek yang dibuat studi kasus, analisa dan pembahasan, pengukuran kinerja *supply chain* konstruksi menggunakan SCOR, kesimpulan dan saran.

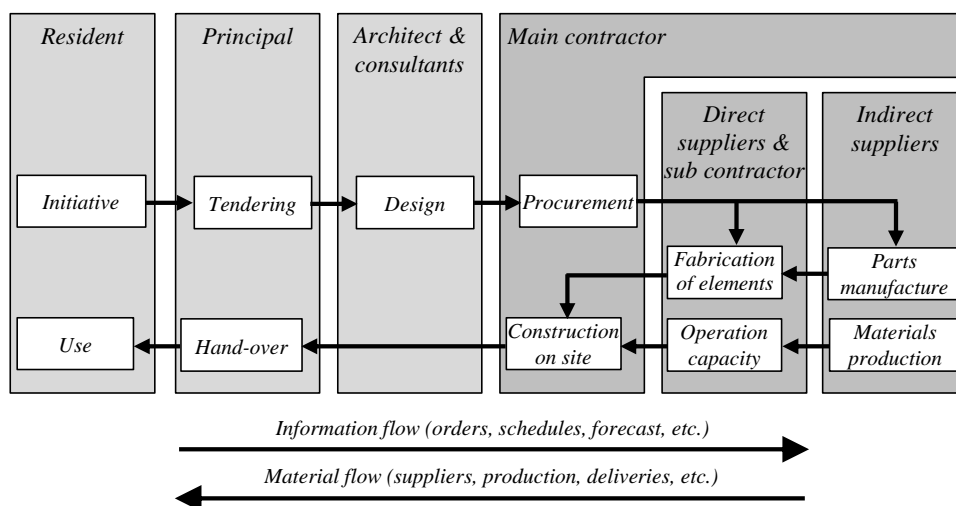
Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, pembahasan dibatasi pada proses dinding *precast* pada gedung bertingkat Trans Studio Mall (TSM) Denpasar, Bali. Berdasarkan pada Gambar 3, maka tinjauan yang dilakukan akan dibatasi pada *parts manufacture, material production, fabrication elements, operation capacity* hingga *construction on site*. Pendetailan penanganan yang dilakukan dari Gambar 3 terhadap *supply chain* dinding *precast* adalah: (a) menyatukan *site* fabrikasi dengan *batching plant*, (b) menggunakan satu *supplier* pada setiap material (baja tulangan & beton *ready mix*), (c) tidak menggunakan subkontraktor untuk menangani produksi dinding *precast*. Diagram pengadaan beton *ready mix* untuk produksi *precast façade* pada proyek TSM. Bali ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan diagram pengadaan baja tulangan untuk produksi *precast façade* pada Gambar 5. Deskripsi kondisi lokasi proyek TSM. Bali untuk proses pengadaan baja tulangannya adalah, menggunakan satu *supplier* baja tulangan, yaitu PT. Hanil Jaya Steel, satu *supplier* beton *ready mix*, yaitu PT. Merak Jaya Beton.



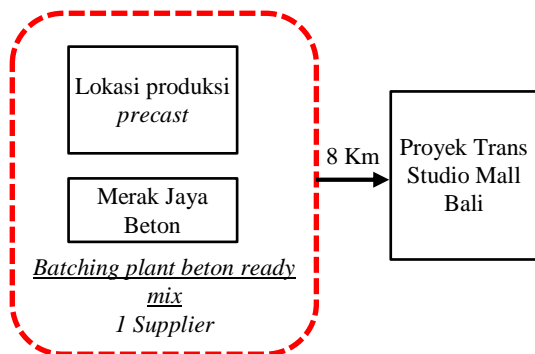
Sumber: Punjawan, 2005

Gambar 2. Simplifikasi model rantai pasok



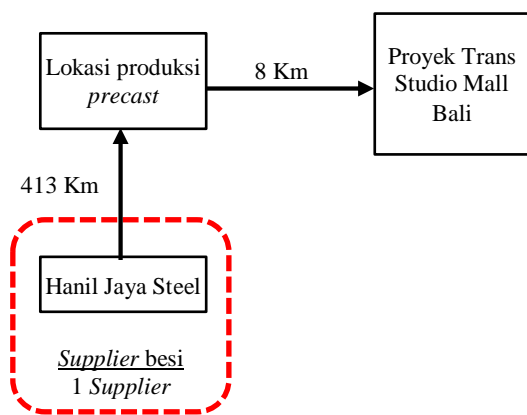
Sumber: O'Brien et al., 2004

Gambar 3. Aliran *supply chain* konstruksi



Sumber: PT.PP proyek TSM Bali

Gambar 4. Diagram supply beton, Proyek TSM. Bali



Sumber: PT. PP Proyek TSM Bali

Gambar 5. Diagram supply baja Proyek TSM. Bali

Lokasi Proyek Trans Studio Mall Bali berada di Denpasar Bali, sedangkan lokasi gudang material *supplier* baja tulangan berada di Surabaya, Jawa Timur. Ekspedisi pengiriman material baja tulangan dari gudang *supplier* menuju lokasi proyek menempuh jalur darat dan jalur laut. Lokasi produksi dinding *precast* berada di luar pagar proyek, karena lokasi proyek sangat sempit. Jarak antara lokasi produksi *precast* dan lokasi proyek sejauh 8 km. Beberapa pertimbangan yang mendasari hal tersebut adalah, lahan pada proyek yang terlalu sempit untuk melakukan aktivitas produksi *precast*, memperlancar *flow* beton *ready mix* pada saat proses pengecoran di proyek, fleksibilitas pemesanan material & *site plan* proyek.

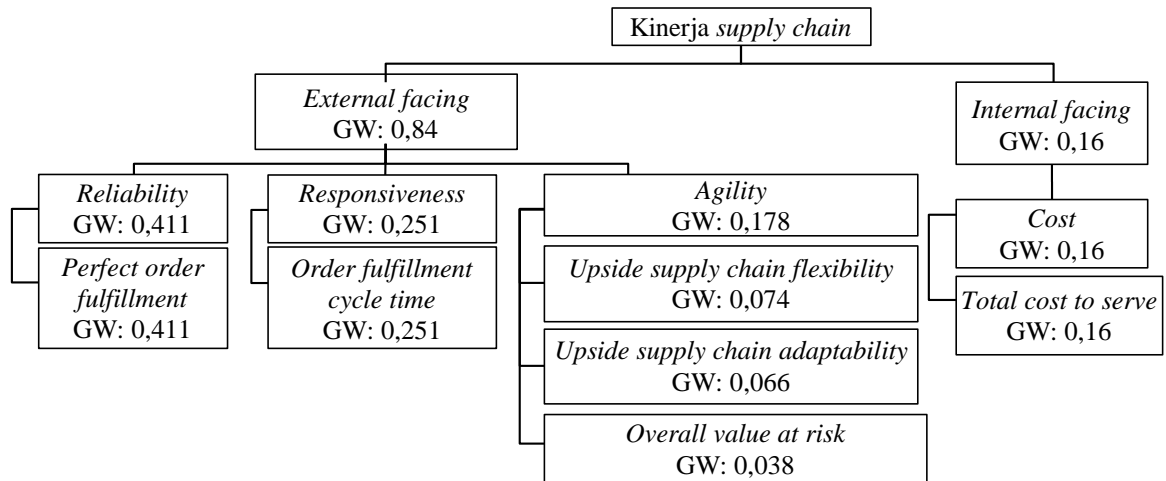
Terdapat tiga jenis *stakeholder* yang berperan dalam penyediaan material yang dibutuhkan oleh kontraktor yaitu *supplier*, distributor dan produsen. Untuk dapat melihat panjang rantai pasok yang dimiliki oleh sistem pengadaan sebuah material, maka dibagi menjadi tiga *tier*. Pengukuran kinerja

supply chain pada proyek konstruksi dengan menggunakan metode SCOR menghasilkan perhitungan data seperti pada Tabel 1. Dapat dilihat dari Tabel 1, bahwa kinerja dari *supply chain* pada proyek TSM Bali berada pada rentang 95 – 100%. Sementara untuk *total cost to serve* beton *ready mix* yaitu Rp. 775.000,00 masih di bawah harga standar Analisa Harga Satuan Pekerjaan Dinas PU Kota Denpasar Tahun 2018, yaitu sebesar Rp. 1.630.000,00. *Analytical Hierarchy Process* seperti yang dijelaskan pada Gambar 6 dihasilkan dari wawancara dengan *Project Manager* untuk bisa mendapatkan pembobotan dari prioritas yang diutamakan oleh kontraktor selaku *customer* dari *supplier*. Dari diagram dapat melihat bahwa tiga *key performance indicator* yang dominan bagi kontraktor adalah *perfect order fulfillment*, *order fulfillment cycle time*, dan *total cost to serve*.

Tabel 1. KPI supply chain Proyek TSM. Bali

| No | Key performance indicator | Supplier | |
|------------------------|------------------------------------|-----------|------------------------|
| | | Baja | Beton |
| 1 | Perfect order fulfillment | 96,15% | 100% |
| 2 | Order fulfillment cycle time | 9 hari | 1 hari |
| 3 | Upside supply chain flexibility | 22 hari | 2 hari |
| 4 | Upside supply chain adaptability | 100% | 100% |
| 5 | Downside supply chain adaptability | 100% | 100% |
| 6 | Overall Value at Risk | 97% | 95% |
| <i>Internal facing</i> | | | |
| 7 | Total cost to serve (Rp/volume) | 8.828 /kg | 775.000/m ³ |

Dari data Tabel 2 dapat dipahami bahwa seluruh aspek *supply chain* berada pada *range* nilai hijau (baik), artinya penanganan pada *supply chain* yang telah disebutkan di atas, berpengaruh positif pada kemampuan *supplier* dalam memenuhi kebutuhan kontraktor akan beton *ready mix* di semua *key performance indicator*. Sementara itu sesuai data Tabel 3, penanganan *supply chain* seperti yang telah disebutkan di atas belum memberikan dampak yang begitu positif pada 3 KPI, yaitu aspek *order fulfillment cycle time* (OFCT), *upside supply chain flexibility* (USCF) dan *total cost to serve* (TCS).



Gambar 6. Analytical hierarchy process SCOR Proyek TSM. Bali

Tabel 2. Hasil scoring kinerja supply chain beton dengan menggunakan AHP, OMAX & traffic light

| KPI | POF | OFCT | USCF | USCA | OVR | TCS |
|--------------------|--------|-------|-------|--------|--------|---------|
| Unit | % | hari | hari | % | % | Rp |
| <i>Performance</i> | 100,00 | 1,00 | 2,00 | 100,00 | 95,00 | 775.000 |
| 10 | 100,00 | 1,00 | 1,00 | 100,00 | 100,00 | 750.000 |
| 9 | 98,00 | 2,30 | 2,30 | 93,00 | 93,00 | 770.000 |
| 8 | 96,00 | 3,60 | 3,60 | 86,00 | 86,00 | 790.000 |
| 7 | 94,00 | 4,90 | 4,90 | 79,00 | 79,00 | 810.000 |
| 6 | 92,00 | 6,20 | 6,20 | 72,00 | 72,00 | 830.000 |
| <i>Level</i> | 5 | 90,00 | 7,50 | 65,00 | 65,00 | 850.000 |
| 4 | 88,00 | 8,80 | 8,80 | 58,00 | 58,00 | 870.000 |
| 3 | 86,00 | 10,10 | 10,10 | 51,00 | 51,00 | 890.000 |
| 2 | 84,00 | 11,40 | 11,40 | 44,00 | 44,00 | 910.000 |
| 1 | 82,00 | 12,70 | 12,70 | 37,00 | 37,00 | 930.000 |
| 0 | 80,00 | 14,00 | 14,00 | 30,00 | 30,00 | 950.000 |
| <i>Level</i> | 10,00 | 10,00 | 9,23 | 10,00 | 9,286 | 8,75 |
| <i>Weight</i> | 0,41 | 0,25 | 0,07 | 0,06 | 0,038 | 0,16 |
| <i>Value</i> | 4,11 | 2,51 | 0,68 | 0,66 | 0,352 | 1,40 |
| <i>Total</i> | | | | | | 9,71 |

Tabel 3. Hasil scoring kinerja supply chain baja dengan menggunakan AHP, OMAX & traffic light

| KPI | POF | OFCT | USCF | USCA | OVR | TCS |
|--------------------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|
| Unit | % | hari | hari | % | % | Rp |
| <i>Performance</i> | 96,31 | 6,60 | 16,60 | 100,00 | 97,00 | 8.827 |
| 10 | 100,00 | 1,00 | 1,00 | 100,00 | 100,00 | 8.000 |
| 9 | 96,00 | 1,90 | 1,50 | 93,00 | 93,00 | 8.100 |
| 8 | 92,00 | 2,80 | 2,00 | 86,00 | 86,00 | 8.200 |
| 7 | 88,00 | 3,70 | 2,50 | 79,00 | 79,00 | 8.300 |
| 6 | 84,00 | 4,60 | 3,00 | 72,00 | 72,00 | 8.400 |
| <i>Level</i> | 5 | 80,00 | 5,50 | 65,00 | 65,00 | 8.500 |
| 4 | 76,00 | 6,40 | 4,00 | 58,00 | 58,00 | 8.600 |
| 3 | 72,00 | 7,30 | 4,50 | 51,00 | 51,00 | 8.700 |
| 2 | 68,00 | 8,20 | 5,00 | 44,00 | 44,00 | 8.800 |
| 1 | 64,00 | 9,10 | 5,50 | 37,00 | 37,00 | 8.900 |
| 0 | 60,00 | 10,00 | 6,00 | 30,00 | 30,00 | 9.000 |
| <i>Level</i> | 10,00 | 3,78 | 0,00 | 10,00 | 95,71 | 1,73 |
| <i>Weight</i> | 0,41 | 0,25 | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,16 |
| <i>Value</i> | 3,73 | 0,95 | 0,00 | 0,66 | 0,36 | 0,28 |
| <i>Total</i> | | | | | | 5,98 |

Tabel 4. Dampak *indirect waste* pada proyek TSM Bali

| Jenis pekerjaan | Total dampak | | | |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | Satuan | <i>Ideal productivity</i> (Rp) | <i>Overall productivity</i> (Rp) | Volume |
| Pembesian | Kg | 12.934 | 13.994 | 8,88/m ² |
| Pemasangan cetakan | m ² | 84.435 | 85.108 | 1,00 |
| Pengecoran | m ³ | 25.717 | 25.809 | 0,10/m ² |
| Pembongkaran cetakan | m ² | 20.623 | 31.075 | 1,00 |
| Penyimpanan (<i>repairing</i>) | m ² | 4.102 | 6.050 | 1,00 |
| Instalasi | m ² | 29.973 | 31.098 | 1,00 |
| Jumlah biaya pekerja/m ² | | 177.786 | 193.135 | 1,00 |
| Total biaya pekerja | | 1.269.266.265 | 1.378.845.569 | |

Tabel 5. Jenis *indirect waste* pada Proyek TSM Bali

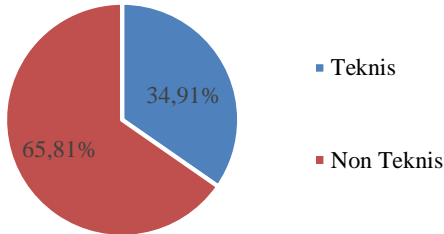
| No | Kegiatan <i>waste</i> | Penyebab | NVA/NVAN |
|----|--|-------------|----------|
| 1 | Mengobrol | Pekerja | NVA |
| 2 | <i>Setting truck</i> | Peralatan | NVA |
| 3 | Istirahat tidak pada waktunya | Pekerja | NVA |
| 4 | Kesulitan membuka terpal | Pekerja | NVA |
| 5 | Bingung pengambilan <i>precast</i> | Pekerja | NVA |
| 6 | Bingung terhadap pemilihan tempat | Pekerja | NVA |
| 7 | Pekerja bermain HP | Pekerja | NVA |
| 8 | Mengambil bahan di gedung | Material | NVA |
| 9 | Pekerja bingung gambar <i>fix</i> | Dokumentasi | NVA |
| 10 | Bingung terhadap <i>lot</i> | Pekerja | NVA |
| 11 | Pergi ke kantin di jam kerja | Pekerja | NVA |
| 12 | Pekerja merokok | Pekerja | NVA |
| 13 | Bingung terhadap ukuran <i>precast</i> | Pekerja | NVA |
| 14 | Mencari alat di gudang | Peralatan | NVA |

Tabel 6. Faktor penyebab *indirect waste*

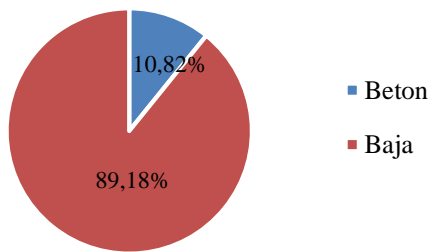
| No | Kelompok <i>waste</i> | Faktor penyebab <i>waste</i> |
|----|------------------------|---|
| 1 | SDM | Kurangnya <i>skill</i> tenaga kerja |
| 2 | | Pendistribusian tenaga kerja yang buruk |
| 3 | | Pengawasan yang terlambat |
| 4 | | Kurangnya mandor |
| 5 | | Kemampuan subkontraktor yang rendah |
| 6 | | Pengawas yang tidak berpengalaman |
| 7 | Manajemen | Perencanaan dan penjadwalan yang buruk |
| 8 | | Informasi yang kurang jelas mengenai ketentuan dan persyaratan |
| 9 | | Koordinasi yang buruk diantara pihak yang terlibat dalam proyek |
| 10 | | Pengambilan keputusan yang lambat |
| 11 | Desain/ dokumentasi | Spesifikasi yang tidak jelas |
| 12 | | Gambar kerja yang tidak jelas |
| 13 | | Revisi dan distribusi gambar yang lambat |
| 14 | | Perubahan desain |
| 15 | | Desain yang buruk |
| 16 | | Ketidaklengkapan dokumen kontrak |
| 17 | Material | Kualitas material yang buruk |
| 18 | | Keterlambatan material tiba di lokasi |
| 19 | | Penanganan material yang buruk di lokasi |
| 20 | | Buruknya penjadwalan pengiriman material ke lokasi |
| 21 | | Material yang tidak sesuai/tidak tepat |
| 22 | | Penyimpanan material yang buruk |

Sumber: Alwi et al., 2002

Hal itu dikarenakan beberapa hal sebagai berikut: (1) Penyatuan *batching plant* dan site fabrikasi tidak memperkecil jarak produsen baja dan site sehingga aspek OFCT tidak terpengaruh. (2) Pemesanan baja memiliki batas pemesanan minimum menyesuaikan kapasitas truk transportasi sehingga membatasi USCF. (3) Dikarenakan jarak dan volume pemesanan tidak terpengaruh, maka OFCT dan USCF tidak berubah dan berdampak terhadap TCS yang masuk dalam kategori merah (buruk).



Gambar 7. Persentase *indirect waste*



Gambar 8. Persentase *waste material*

Pada Tabel 4 merupakan dampak dan data *waste* yang dihasilkan dari Proyek TSM. Bali. Dari data yang ditunjukkan pada Tabel 5 dijelaskan bahwa penyebab *indirect waste* lebih didominasi oleh faktor non teknis seperti mengobrol, bermain HP, dan perbandingan prosentase *indirect waste* teknis dan non teknis seperti yang dijelaskan pada Gambar 7. Sedangkan menurut Alwi *et al.* (2002) *indirect waste* adalah seperti yang dijelaskan pada Tabel 6. *Direct waste* pada Proyek TSM. Bali ditunjukkan pada Gambar 8. Prosentasi *waste* lebih didominasi oleh baja dibandingkan oleh beton, seperti yang dijelaskan pada Gambar 8. Hal tersebut juga belum didukung pada penanganan *supply chain*, baru berfokus pada rekayasa aliran material beton sehingga nilai *waste* pada material baja belum dapat ditanggulangi secara maksimal.

Dari Tabel 8 kita dapat menghitung selisih dari harga *ideal productivity* dan *overall productivity* untuk mengetahui persentase perubahan RAB yang diakibatkan oleh *waste* yang terjadi dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ Dampak waste ke RAB Pekerja} &= \frac{\text{Total harga Pek OP} - \text{Total Harga Pek IP}}{\text{Total harga pekerjaan IP}} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.378.845.569,84 - \text{Rp } 1.269.266.265,86}{\text{Rp } 1.269.266.265,86} \\ &= \frac{\text{Rp } 109.579.303,97}{\text{Rp } 1.269.266.265,86} = 8,63\% \end{aligned}$$

Tabel 7. *Direct waste* pada Proyek TSM. Bali

| No | Material | Satuan | Volume order lapangan | Volume waste | Harga satuan | Total cost | Waste cost |
|--------------|-----------------|----------------|-----------------------|--------------|--------------|----------------------|-------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7)=(4)*(6) | (8)=(5)*(6) |
| 1 | Beton f'c 30 | m ³ | 730,00 | 12,00 | 775.000 | 565.750.000 | 9.300.596 |
| 2 | Wiremesh | kg | 43.383.027,00 | 1.655,85 | 9.600 | 416.479.392 | 15.896.160 |
| 3 | Plat 10 mm | Lbr | 45,00 | 9,77 | 2.700.000 | 121.500.000 | 26.419.821 |
| 4 | Plat 8 mm | Lbr | 40,00 | 8,73 | 2.250.000 | 90.000.000 | 19.654.686 |
| 5 | Siku 100.100.10 | 6 m | 152,00 | 5,23 | 1.150.000 | 226.550.000 | 7.493.975 |
| 6 | Tulangan D10 | kg | 2.823.472,00 | 105,90 | 8.600 | 24.281.865 | 961.010 |
| 7 | Tulangan D13 | kg | 654.364,00 | 902,85 | 8.600 | 56.275.304 | 7.795.607 |
| 8 | Dynabolt M12 | bh | 14.870,00 | 0,00 | 5.000 | 74.350.000 | 0 |
| Total | | | | | | 1.575.186.561 | 87.521.857 |

Tabel 8 Penyebab *direct waste*

| No | Material waste | Penyebab di lapangan |
|----|------------------------|---|
| 1 | Beton <i>ready mix</i> | - <i>Over ordering</i> - Adanya kerusakan pada dinding <i>precast</i> sehingga perlu adanya <i>rework</i> - Perhitungan beton tidak memperhitungkan volume kubik baja di dalamnya |
| 2 | Besi/baja | - <i>Over ordering</i> - Adanya dinding beton yang rusak - Potongan yang tidak ekonomis - Tidak adanya <i>bar bending schedule</i> - Tidak adanya <i>cutting list</i> |

Maka, besaran kenaikan *cost* yang terjadi akibat adanya *indirect waste* adalah 8,63% atau sebesar Rp 109.579.303,97. Sementara pada *direct waste* didapat nilai *waste* sebesar 5,56% atau sebesar Rp 87,521,857.64. Penyebab yang dominan pada dua jenis material yaitu baja dan beton *ready mix* adalah *over ordering* dan kerusakan. Kelebihan pemesanan bertujuan untuk stok toleransi apabila terjadi kesalahan pada saat produksi. Hal ini dapat diminimalisir dengan perencanaan yang matang, baik dengan penggunaan *bar bending schedule* (BBS) ataupun penerapan teknologi informasi seperti BIM (*building information modelling*) untuk dapat mengetahui jumlah pasti kebutuhan volume material serta meminimilaisir nilai stok material tambahan.

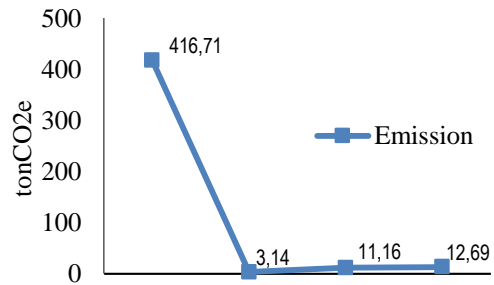
Beberapa mitigasi yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak *waste* yaitu (1) penggunaan beton *precast*, (2) melakukan optimasi pada penggunaan besi melalui *cutting list and bar bending schedule*, (3) melakukan perhitungan volume setelah menempati cetakan, (4) menggunakan alat ukur yang teliti, (5) melakukan kontrol kualitas beton sebelum pengecoran, (6) membuat jadwal pengiriman beton *ready mix*, (7) membuat *shop drawing* agar tidak terjadi kesalahan volume beton, (8) memperhatikan cuaca untuk persiapan bila terjadi hujan saat pengecoran, (9) melakukan control kuantitas beton sebelum pengecoran, (10) melakukan estimasi sisa volume beton *ready mix*, (11) survei jalan akses truk *mixer* ke site fabrikasi, (12) perencanaan metode pengecoran untuk meminimalkan sisa beton, (13) penggunaan sisa beton untuk fungsi lain, (14) penyediaan tempat beton yang akan didaur ulang.

Dari 14 langkah di atas terdapat tiga langkah yang masih belum dilakukan oleh kontraktor yaitu pembuatan *cutting list* dan *bar bending schedule*, melakukan estimasi sisa volume beton *ready mix* dan penyediaan tempat daur ulang untuk mendaur ulang beton yang ada. Sementara, untuk nilai *carbon footprint* yang dihasilkan, didominasi oleh tahap produksi. Hal tersebut diakibatkan proses ekstraksi *raw material* baja dan beton merupakan proses yang *machine intensive* sehingga nilai faktor emisi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan tahap lain.

Setelah tahap produksi lalu diikuti oleh tahap instalasi, tahap pabrikasi dan tahap transportasi. Salah satu yang penanganan yang dilakukan kontraktor untuk mengurangi emisi tahap transportasi adalah dengan mendekati *batching plant* dan *site* fabrikasi sehingga emisi yang dihasilkan pun menjadi lebih sedikit. Berikut

adalah grafik *carbon footprint* tiap tahapan pekerjaan.

Dari data yang ditunjukkan pada Gambar 9 maka didapat data total *carbon footprint* yang dihasilkan tiap tahapan pekerjaan yaitu sebesar 443,711 tonCO₂e. Terdapat beberapa mitigasi yang dapat dilakukan untuk menanggulangi dampak *carbon footprint*, yaitu: (1) pengecekan dan pemeriksaan kondisi alat berat, (2) memperoleh material atau alat bantu konstruksi dari lokasi terdekat dari proyek konstruksi, (3) Pemanfaatan kembali material sisa pekerjaan, (4) penggunaan material ramah lingkungan, (5) Penanaman pohon di sekitar lingkungan proyek untuk menanggulangi emisi karbon, (6) Penerapan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) pada material, (7) pengelompokan limbah proyek sesuai jenis dan sifat limbah. Dari tujuh langkah di atas terdapat satu langkah yang masih belum dapat dilakukan oleh kontraktor yaitu pemesanan material konstruksi dari daerah lokal proyek konstruksi berupa material baja yang dipesan dari daerah Surabaya. Hal ini diakibatkan oleh minimnya produksi material baja di sekitar Provinsi Bali.



Gambar 9. Grafik *carbon footprint* tiap tahapan pekerjaan

Beberapa rencana mitigasi yang disarankan untuk dapat dilakukan sehingga dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok berdasarkan *best practice* adalah sebagai berikut: (1) melakukan seleksi menyeluruh dan menggunakan sistem yang *fair* pada *supplier* meliputi aspek jarak, reputasi, jumlah dan kondisi armada hingga kemampuan SDM yang dimiliki oleh *supplier*, (2) Melakukan pengaturan *site* sedemikian rupa sehingga jarak transportasi terkecil dapat tercapai. (3) Membangun kemitraan strategis dengan *supplier* serta memangkas administrasi yang tidak perlu. (4) Memperjelas dan menjaga kesepakatan dalam kontrak tetap *fair* sehingga tidak terjadi wanprestasi serta menggunakan sistem borong dan mengunci harga jauh hari bila dimungkinkan. (5) Meningkatkan kualitas manajemen dan pengendalian proyek sehingga perubahan minim terjadi.

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu kontraktor melakukan pengambilan keputusan yang baik berkaitan dengan pengelolaan rantai pasok di mana hasil kinerja kerja rantai pasok yang dinilai dengan sistem SCOR V.11 berada pada rentang 95% - 100% serta harga *total cost to serve* yang lebih murah dibandingkan standar ahsp Dinas PU Kota Denpasar. Dampak yang dihasilkan dari proyek ini meliputi tiga hal berikut yaitu *direct waste* sebesar 8,63% atau Rp 109.579.303,97, *indirect waste* sebesar 5,56% atau Rp 87.521.857,64, *carbon footprint* sebesar 443.711 ton CO₂e. Beberapa mitigasi yang dapat dilakukan berdasarkan *best practice* yang ada yaitu melakukan seleksi *supplier* secara menyeluruh hingga melakukan manajemen site sedemikian *rupa* sehingga jarak transportasi terkecil bisa didapatkan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada seluruh Tim Proyek Trans Studio Mall (TSM) Bali PT. PP (Persero) Tbk Divisi Gedung 1, atas pemberian data dan dukungan yang diberikan untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Abduh, M. (2011). *Konstruksi ramping: memaksimalkan value dan meminimalkan waste*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Indonesia: Institut Teknologi Bandung.
- Alwi, S., Mohamed, S., & Hampson, K. (2002). *Waste in the Indonesian construction projects*. Paper di presentasikan pada Proceedings of the 1st CIB-W107 International Conference-Creating a Sustainable Construction *Industry in Developing Countries*: (pp. 305-315). CSIR.
- Amien, S. (2012). *Rantai pasok konstruksi dalam Kementerian PU, konstruksi Indonesia 2012: harmonisasi rantai pasok konstruksi* (hal. 142-147). Jakarta Selatan: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Capo, J., Lario, F. C., & Hospitaler, A. (2004). *Lean Production in the Construction Supply Chain*. In *2nd World Conference on POM and 15th Annual POM Conference*. Cauncun, Mexico.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2010). *Supply chain management: strategy, planning & operation* (4th Ed.). New Jersey: Pearson Publishing.
- Christopher, M. (2016). *Logistics & supply chain management*. UK: Pearson.
- Indrawan, R., & Yaniawati, P. (2014). *Metodologi penelitian*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Januar, F. T. (2013). Analisa faktor-faktor penyebab rework pada pekerjaan. *E Journal UAJY*, 3(1), 14-15.
- Lu, D. (2011). *Fundamentals of supply chain management*. Bookboon.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business logistics*, 22(2), 1-25.
- O'Brien, W. J., London, K., & Vrijhoef, R. (2004). Construction supply chain modeling: a research review and interdisciplinary research agenda. *ICFAI Journal of Operations Management*, 3(3), 64-84.
- Project Management Institute. (2013). *PMBOK Guide* (5th Ed.). Pennsylvania: Project Management Institute, Inc.
- Pujawan, I. (2005). *Supply chain management*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.
- Rizkyawan, A. W., Manalu, S. D., Wibowo, M. A., & Purwanto. (2018). Evaluasi waste & carbon footprint pada dinding precast konstruksi gedung bertingkat (studi kasus: Trans Studio Mall Bali). *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 6(1), 336-346.
- Supply Chain Council. (2012). *Supply chain operations reference model*. Cypress: Supply Chain Council.
- Tucker, S. N., Mohamed, S., Johnston, D. R., McFallan, S. L., & Hampson, K. D. (2001). Building and construction industries supply chain project (domestic). *CSIRO-Department of Science and Resources. June BEC Doc, 1(214)*, 1-51.
- Vrijhoef, R., & Koskela, L. (2000). The four roles of supply chain management in construction. *European journal of purchasing & supply management*, 6(3-4), 169-178.
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen konstruksi*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Wirahadikusumah, R. D., & Susilawati, S. (2006). Pola supply chain pada proyek konstruksi bangunan gedung. *Journal of Civil Engineering*, 13(3), 107-122.