

# FORMULASI MODEL KNOWLEDGE MANAGEMENT PENDUKUNG KOLABORASI DESAIN INFRASTRUKTUR BERKELANJUTAN

## *Formulation of Knowledge Management Model in Supporting Collaborative Design of Sustainable Infrastructure*

**Yani Rahmawati<sup>1</sup>, Christiono Utomo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Email: yanirahmawati2012@gmail.com,

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil - Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
Email: christiono@ce.its.ac.id

Tanggal diterima: 20 April 2014, Tanggal disetujui: 15 Juni 2014

### **ABSTRACT**

*Economic, social, and environment are three main aspects that support the achievement of sustainable infrastructure development. Practically, those three aspects often found to be unintegrated in design. Collaborative design can be applied in multi-disciplines participants of design process to produce best design as integrated solution in realizing sustainable infrastructure development. Knowledge Management (KM) found to be essential for successful collaborative design. This reseach aims to develop concept of spatial configuration and economic value on adaptive and collaborative of sustainable infrastructure development. This research is conducted based on requirements in developing conceptual approach to direct the design process, with specific target to develop collaborative design through the application of supporting model in the form of correlation patterns between adaptive and collaborative variables. Literature study and Structural Equation Modeling (SEM) is applied to formulate the model of KM, and it is confirmed that KM has important role in supporting successful collaborative design.*

**Keywords:** collaborative design, sustainable infrastructure, design management, collaboration, knowledge management (KM)

### **ABSTRAK**

*Ekonomi, sosial, dan lingkungan merupakan tiga aspek utama pendukung pencapaian pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan. Pada pelaksanaannya, ketiga aspek tersebut seringkali tidak terintegrasi dalam desain. Kolaborasi desain merupakan pendekatan yang dapat diterapkan dalam proses desain dengan melibatkan berbagai pihak untuk menghasilkan desain terbaik pendukung pembangunan infrastruktur berkelanjutan. Knowledge Management (KM) berperan penting dalam pencapaian keberhasilan kolaborasi desain. Penelitian ini bertujuan mengembangkan konsep adaptif dan kolaboratif pada desain konfigurasi spasial dan nilai ekonomi pembangunan infrastruktur. Penelitian ini dilandasi kebutuhan pengembangan pendekatan pendukung keberhasilan proses desain infrastruktur, dengan target khusus mengembangkan pendekatan kolaborasi desain melalui penerapan model pendukung berupa pola-pola hubungan antar variabel adaptif dan kolaboratif yang dapat diterapkan untuk memprediksi pencapaian keberhasilan kolaborasi desain. Metode studi literatur dan Structural Equation Modeling (SEM) diterapkan dalam merumuskan model KM, dan dihasilkan temuan fenomena yang menunjukkan bahwa faktor KM berperan penting dalam pencapaian keberhasilan kolaborasi dalam pengembangan desain infrastruktur berkelanjutan .*

**Kata Kunci :** kolaborasi desain, infrastruktur berkelanjutan, manajemen desain, kolaborasi, manajemen pengetahuan

## PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur yang berkelanjutan diperlukan untuk pencapaian pengembangan kota yang berkelanjutan, sehingga dapat mendukung pengembangan yang merata dalam suatu kota. Ada tiga aspek utama yang mendukung pencapaian pembangunan kota berkelanjutan melalui pengembangan infrastrukturnya, yaitu aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan (Melchert 2007). Kriteria dalam ketiga aspek tersebut seringkali tidak terintegrasi dalam suatu desain terbaik (Utomo dan Rahmawati 2012), dimana hanya beberapa aspek yang dipertimbangkan. Dalam konsep pengembangan infrastruktur kota, aspek lingkungan (Wongso et al 2011) beserta aspek kondisi sosial masyarakat (Sutami 2009) seringkali dipertimbangkan. Nilai ekonomi, yang merupakan salah satu aspek pendukung dalam pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan, seringkali diabaikan (Thaher 2010), sehingga tidak mampu mendukung perkembangan dan pertumbuhan ekonomi sekitar.

Meningkatnya permintaan pasar properti residensial yang diikuti dengan meningkatnya pengembangan properti komersial dalam suatu kawasan, merupakan salah satu indikasi dari pertumbuhan ekonomi yang disebabkan oleh pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan (Effendi 2013). Peningkatan nilai ekonomi dalam arti produktivitas penggunaan infrastruktur terhadap peningkatan nilai kawasan (lahan) tidak dijumpai pada beberapa pengembangan infrastruktur di Indonesia, diantaranya adalah kawasan sekitar pengembangan infrastruktur jembatan Suramadu (Iqbal 2011), pelabuhan Pekanbaru (Hasibuan 2012), dan Jalan Metro Tanjung Bunga (Biang 2008). Oleh sebab itu, nilai ekonomi menjadi sangat penting dalam perencanaan pengembangan infrastruktur, dikarenakan peranannya dalam meningkatkan pertumbuhan area sekitarnya.

Konfigurasi spasial dan nilai ekonomi yang dihasilkan menjadi topik riset antar disiplin yang berkembang pesat sejak Brown (1999) menerapkan konsep ini pada evaluasi keberhasilan sebuah mall. Nilai ekonomi adalah fungsi kenyamanan dan penerimaan yang melibatkan pengguna spasial yang tersedia. Fungsi tersebut sangat tergantung pada konfigurasi yang terbentuk. Di Indonesia, Utomo (2002) mengaplikasikan konsep ini pada perencanaan hunian tradisional sebagai komoditas wisata. Pada saat ini, secara praktis pada konteks sebuah tapak, metode HBU (Pearson & Fanning 1987) dikembangkan untuk memperoleh fungsi nilai ekonomi terbaik bagi sebuah konfigurasi spasial.

Pencapaian pengembangan infrastruktur berkelanjutan, yang memenuhi kebutuhan integrasi aspek lingkungan, sosial, dan ekonomi, memerlukan keterlibatan partisipan dengan latar belakang keahlian yang berbeda-beda dalam proses desain untuk menghasilkan desain terbaik (Utomo et al 2012). Kolaborasi desain dapat diterapkan untuk memfasilitasi pencapaian hasil desain terbaik, yang terintegrasi dari berbagai partisipan (Kvan 2000).

Zha dan Du (2006) menyatakan bahwa kolaborasi desain merupakan pendekatan dalam proses desain dimana peserta berkomunikasi dan bekerja sama secara aktif dalam rangka untuk menentukan tujuan desain dan solusi desain bangunan secara simultan dan bersama-sama. Pertukaran ide, informasi, dan data oleh seluruh partisipan dalam proses pengembangan desain merupakan aktivitas yang penting dalam kolaborasi desain (Detienne, 2006). Hal tersebut dikarenakan adanya kebutuhan informasi dari berbagai bidang untuk menyelesaikan desain yang kompleks. Ide dan pemikiran masing-masing partisipan mengenai desain, beserta data dan informasi desain selama proses desain, merupakan komponen/elemen yang terintegrasi menjadi suatu pengetahuan atau *knowledge* dalam pengembangan desain (Rahmawati et al 2013a). Untuk dapat mencapai keberhasilan dalam kolaborasi desain, *Knowledge Management* (KM) diperlukan untuk mendukung dan memfasilitasi aktivitas integrasi *knowledge* antar partisipan dalam menghasilkan desain (Dave dan Koskela 2009).

Berbagai ahli yang terlibat dalam proses kolaborasi desain memiliki latar belakang tujuan, keahlian, pengalaman, dan kebutuhan yang berbeda-beda (Rosenman et al 2007), sehingga dapat menimbulkan konflik dan kegagalan dalam proses kolaborasi. Berdasarkan hal tersebut, KM dikembangkan para peneliti dengan tujuan untuk memfasilitasi integrasi partisipan (Koch 2003), terutama dalam mendukung proses pengambilan keputusan dan pengembangan desain dalam proses kolaborasi desain (Gabriel dan Maher 2002). Beberapa hal yang termasuk dalam pengembangan KM adalah penyimpanan data dan informasi perkembangan desain (Kvan dan Candy 2000), penyesuaian tujuan desain dengan melalui pemberian batasan berupa kriteria desain pada proses pengembangan desain (Robin et al 2006), serta peninjauan ulang proses perkembangan desain (Dave dan Koskela 2009). Hal-hal tersebut merupakan faktor pendukung yang bersifat teknis dalam kolaborasi desain (Rahmawati et al 2012a). Selain faktor-faktor pendukung bersifat teknis, faktor-faktor sosial berkaitan dengan tim kerja yang terbentuk dari berbagai partisipan yang dilibatkan dalam proses desain juga berperan penting dalam

mendukung keberhasilan proses kolaborasi desain. Faktor-faktor sosial dapat mendukung tercapainya hasil optimal berupa desain terbaik dalam kolaborasi desain (Vivacqua et al, 2011). Sejalan dengan pernyataan-pernyataan tersebut, Lu et al (2007) menyebutkan bahwa untuk mendukung proses kolaborasi desain diperlukan adanya kombinasi dukungan faktor teknis dan sosial.

Dukungan pada keberhasilan integrasi berbagai pihak yang terlibat dalam proses desain merupakan peran utama kolaborasi desain yang menjadi unsur pendorong daya tarik penerapan dan pengembangan konsep kolaborasi desain, tak terkecuali di Indonesia (Rahmawati et al 2014). Hasil temuan empiris dan teoretis tersebut menjadi landasan pemikiran bagi peneliti untuk melakukan penelitian lanjutan dalam bidang kolaborasi desain dan konfigurasi spasial nilai ekonomi infrastruktur berkelanjutan yang bersifat konstruktif. Oleh karena itu, hal mendasar perlunya penelitian ini adalah untuk memformulasikan model KM pendukung kolaborasi desain pada proses desain pengembangan infrastruktur berkelanjutan.

Perumusan masalah penelitian tersebut didasarkan pada praktek pelaksanaan kolaborasi desain di Indonesia yang kurang mempertimbangkan peran KM sebagai faktor teknis pendukung kolaborasi desain, sehingga desain terbaik masih sulit dicapai melalui kolaborasi desain. Selain itu, keterkinian (*state of the art*) dari penelitian ini terletak pada formulasi model KM pendukung kolaborasi desain yang menitikberatkan pada dukungan faktor teknis dan sosial, yang selama ini belum banyak dikembangkan di bidang keilmuan kolaborasi desain.

Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian adalah untuk merumuskan model KM pendukung keberhasilan kolaborasi desain pengembangan infrastruktur berkelanjutan. Untuk menjawab pertanyaan penelitian tersebut maka dirumuskan rumusan permasalahan penelitian, yaitu bagaimanakah rumusan model KM yang mampu memfasilitasi pencapaian keberhasilan kolaborasi desain dan pemilihan konfigurasi spasial maupun nilai ekonomi infrastruktur berkelanjutan yang adaptif dan kolaboratif? Rumusan permasalahan selanjutnya adalah apa sajakah faktor-faktor penentu keberhasilan kolaborasi desain dan pemilihan konfigurasi desain infrastruktur terbaik? Serta bagaimanakah hierarki pengambilan keputusan pemilihan konfigurasi yang tepat sasaran?

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan konsep adaptif dan kolaboratif pada pemilihan konfigurasi spasial dan nilai ekonomi

pengembangan infrastruktur yang berkelanjutan. Analisa dan pembahasan pada *paper* ini difokuskan pada penerapan pendekatan kolaborasi dengan mempertimbangkan faktor teknis dan sosial yang dirumuskan sebagai faktor pendukung utama keberhasilan kolaborasi desain yang memfasilitasi pencapaian desain pengembangan infrastruktur berkelanjutan. Selain itu, untuk mendapatkan hasil desain pengembangan infrastruktur yang tepat sasaran juga diperlukan perumusan tahapan hierarki pengambilan keputusan dalam pemilihan alternatif desainnya.

## KAJIAN PUSTAKA

### Kolaborasi Desain

Penelitian dalam lingkup area kolaborasi desain dikembangkan dengan berdasarkan atas permasalahan yang muncul selama pelaksanaan kolaborasi desain. Berdasar atas permasalahan tersebut, para peneliti di lingkup area kolaborasi desain mengembangkan pendekatan-pendekatan yang dapat diaplikasikan untuk menghadapi, mengurangi, ataupun menghindari permasalahan yang muncul dalam kolaborasi desain. Penelitian-penelitian kolaborasi desain berkembang dari pertimbangan faktor teknis yang berfokus pada integrasi obyek desain hingga pertimbangan faktor sosial yang berfokus pada integrasi partisipan dalam tim kerja desain, seperti yang tersajikan pada Gambar 1. Penelitian-penelitian tersebut dikembangkan dengan tujuan utama untuk menemukan faktor-faktor, peralatan, dan sistem yang dapat mendukung pencapaian keberhasilan kolaborasi desain (Rahmawati et al 2013a). Berdasarkan identifikasi perkembangan penelitian dalam lingkup area kolaborasi desain, dapat diketahui bahwa ada tiga faktor utama yang mendasari perkembangan penelitian kolaborasi desain, yang terdiri atas faktor fisik yang berkaitan dengan kesulitan dalam mengadakan pertemuan antar seluruh partisipan karena adanya keterbatasan ketersediaan waktu dan tempat antar partisipan (Gross et al 1998; Kolarevic et al 2000); faktor teknis yang berkaitan dengan permasalahan KM dalam kolaborasi desain (Gabriel & Maher 2002; Anumba et al 2002; Utomo et al 2009); serta faktor sosial yang merupakan faktor-faktor yang berkaitan dengan partisipan yang dilibatkan dalam kolaborasi desain (Vivacqua et al 2011; Girard & Robin 2006)

### Knowledge Management (KM)

KM atau yang juga disebut dengan manajemen pengetahuan merupakan salah satu faktor pendukung keberhasilan kolaborasi desain (Kalay et al 1998; Rezgui et al 2011; Robin et al 2006; Patel et al 2012), dimana penyediaan fasilitas penyimpanan



Gambar 1 : Perkembangan Riset Kolaborasi Desain

sumber : Rahmawati et al. 2012

pengetahuan (Dave dan Koskela 2009) merupakan salah satu bentuk pengelolaannya. Pengetahuan yang disampaikan oleh partisipan yang terlibat dalam berkolaborasi perlu disimpan dengan tujuan agar masing-masing partisipan yang terlibat dapat meninjau proses pengembangan desain dengan mudah. Keterlibatan berbagai partisipan dengan latar belakang keahlian dan pengalaman yang berbeda mengakibatkan beragamnya pengetahuan yang terkumpul selama proses kolaborasi desain berlangsung, sehingga KM berperan penting mendukung keberhasilan kolaborasi.

Salah satu permasalahan dalam kolaborasi desain adalah adanya kesulitan dalam mencapai kesepemahaman antar partisipan, sehingga dikembangkan solusi berupa pengembangan fasilitas penyimpanan dan peninjauan ulang proses pengembangan desain dalam kolaborasi desain (Gabriel dan Maher 2002; Huifen et al 2003; Du et al, 2011; Kvan dan Candy 2000; Gu et al 2005; Gu et al 2011; Kolarevic et al 2000; Dave dan Koskela 2009). Permasalahan lainnya adalah adanya kesulitan memodifikasi desain, sehingga yang dikembangkan adalah fasilitas kemudahan aksesibilitas pada desain yang diproduksi bagi partisipan yang terlibat (Leeuwen dan Fridqvist 2006); serta pengembangan fasilitas penyediaan *template* desain sehingga partisipan tidak perlu melakukan pekerjaan

ulang dalam proses desain (Mezher et al 2005). Pengembangan penemuan pendekatan dalam KM lainnya adalah berupa penggunaan fasilitas agent untuk mendukung proses negosiasi dan pengambilan keputusan dalam kolaborasi desain (Idrus dan Utomo 2010); serta menggunakan kriteria dalam membatasi variasi pengembangan desain (Utomo 2010; Bock et al 2010).

Berdasarkan hasil studi literatur pada penelitian kolaborasi desain dengan lingkup pengembangan KM, dapat disimpulkan bahwa KM berperan penting mendukung pencapaian keberhasilan kolaborasi desain, melalui perwujudan tercapainya hasil desain terbaik (Kvan 2000). Hasil desain terbaik tersebut akan mendukung perwujudan infrastruktur yang berkelanjutan melalui proses pelaksanaan konstruksi yang berlangsung dengan baik (Girard dan Robin 2006).

**Rumusan Model Konseptual Penelitian**

Berdasarkan hasil studi pustaka dan hasil penelitian dari Rahmawati et al (2012), maka dapat disimpulkan bahwa keberhasilan dapat dicapai melalui pertimbangan faktor teknis dan sosial dalam penerapan kolaborasi desain. Dengan tujuan utama untuk mengembangkan penelitian kolaborasi desain secara konstruktif, maka latar belakang tersebut dapat dipergunakan sebagai

landasan dalam menyusun model konseptual penelitian. Pendekatan bersifat teknis melalui aplikasi KM berperan penting terhadap keberhasilan proses kolaborasi desain, yaitu untuk mencapai kesepemahaman antar partisipan (Saad dan Maher 1995). Sehingga KM dirumuskan menjadi variabel utama yang mewakili faktor teknis dengan menggunakan sumber referensi dari Gabriel dan Maher (2002), Leeuwen dan Fridqvist (2006), Chiu dan Lan (2002), Lottaz et al (2000), dan Chiu (2002).

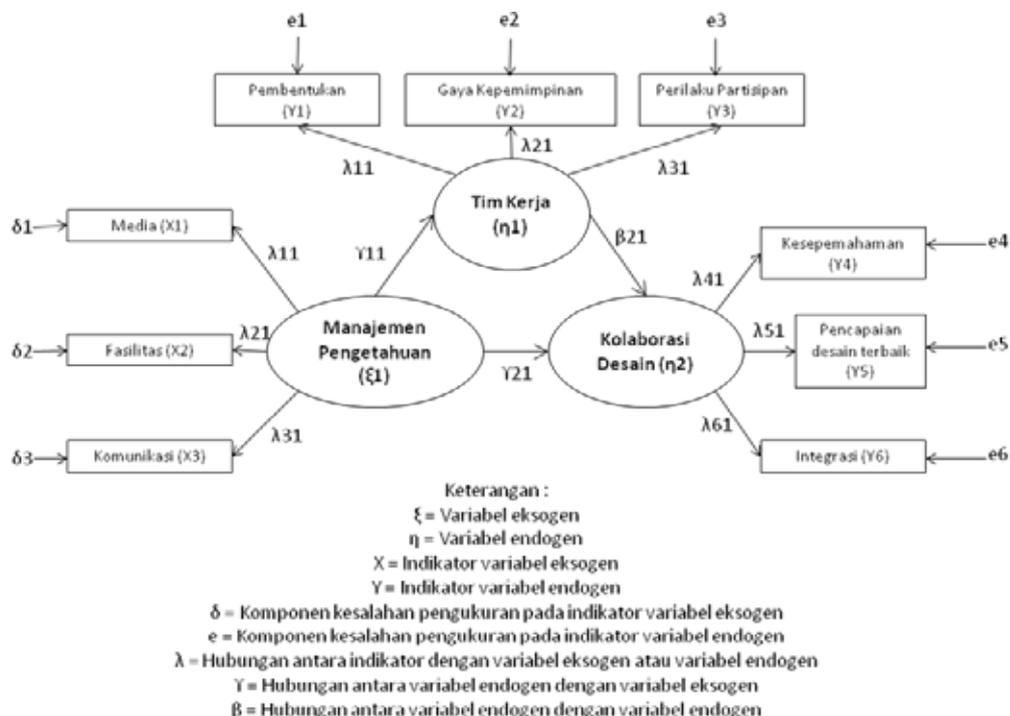
Faktor sosial yang berkaitan dengan partisipan yang dilibatkan dalam tim kerja pada kolaborasi desain memberikan pengaruh pada pelaksanaan proses kolaborasi desain (Ping et al 2011), terutama pada proses pencapaian hasil terbaik (Vivacqua et al 2011). Variabel kedua yang dirumuskan menjadi variabel mediator dalam model konseptual adalah tim kerja, karena latar belakang perannya dalam memediasi aplikasi KM untuk keberhasilan kolaborasi desain, dengan sumber referensi dari Girard dan Robin (2006), Huang et al (2010), Vivacqua et al (2011). Kolaborasi desain merupakan variabel pembentuk ketiga dengan sumber referensi Gabriel dan Maher (2002), Kvan (2000), Lu et al (2007), dan Detienne (2006).

Berdasarkan pembahasan tersebut, penelitian yang telah dilakukan umumnya dikembangkan untuk menghadapi, mengurangi atau menghindari permasalahan yang muncul dalam kolaborasi

desain. Penelitian-penelitian terdahulu di bidang kolaborasi desain dikembangkan dari faktor teknis yang berfokus pada integrasi obyek desain melalui penerapan KM dan faktor sosial yang berfokus pada integrasi partisipan melalui pertimbangan tim kerja desain. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu. Pertimbangan aspek pemilihan konfigurasi spasial infrastruktur terbaik dan nilai ekonomis dimasukkan kedalam pertimbangan desain melalui pemilihan kriteria-kriteria yang adaptif dan kolaboratif.

## METODE PENELITIAN

Perumusan model KM diawali dengan menetapkan variabel-variabel yang berpengaruh pada kolaborasi desain yang adaptif dan kolaboratif. Maka dari itu, variabel dan indikator yang dipergunakan adalah variabel KM dengan indikator Media (Gabriel dan Maher 2002), Fasilitas (Leeuwen dan Fridqvist, 2006; Chiu dan Lan 2002; Lottaz et al 2000), dan Komunikasi (Chiu 2002); variabel Tim Kerja dengan indikator Pembentukan (Girard dan Robin 2006), Kepemimpinan (Huang et al 2010), dan Perilaku Partisipan (Vivacqua et al 2011); serta variabel Kolaborasi Desain berindikator Kesepemahaman (Gabriel dan Maher 2002), Pencapaian Hasil Terbaik (Kvan 2000; Lu et al 2007), dan Integrasi (Detienne 2006). Rumusan konseptual model KM digambarkan pada Gambar 2.



**Gambar 2 :** Gambar Struktural Model Konseptual KM

Sumber :Diadopsi dari Gabriel dan Maher (2002), Kvan (2000), Lu et al (2007), Detienne (2006), Leeuwen dan Fridqvist (2006), Chiu dan Lan (2005), Lottaz et al (2000), Chiu (2002), Girard dan Robin (2006), Huang et al (2010), Vivacqua et al (2011)

Untuk mencapai tujuan penelitian dalam mendapatkan model KM pendukung keberhasilan kolaborasi desain pada pengembangan desain infrastruktur berkelanjutan terbaik, maka model konseptual tersebut diuji secara empiris. Pengujian dilakukan dengan mengukur persepsi pelaku desain, yaitu para partisipan yang berpengalaman atau pernah terlibat dalam proses desain pengembangan infrastruktur berkelanjutan, pada tingkat keberhasilan kolaborasi desain dengan berdasar pada dukungan faktor KM dan tim kerja desain. Teknik dan metode analisa *Structural Equation Modeling* (SEM) dipergunakan untuk menganalisa data persepsi responden (pelaku desain). Hasil kajian pustaka dan model empiris kemudian dapat dikembangkan untuk merumuskan model hierarki pengambilan keputusan pengembangan infrastruktur terbaik, dengan menggunakan metode studi literatur. Pengembangan model lanjutan lainnya adalah untuk mendapatkan integrasi korelasi antar faktor dalam mencapai masing-masing kriteria keberhasilan kolaborasi desain.

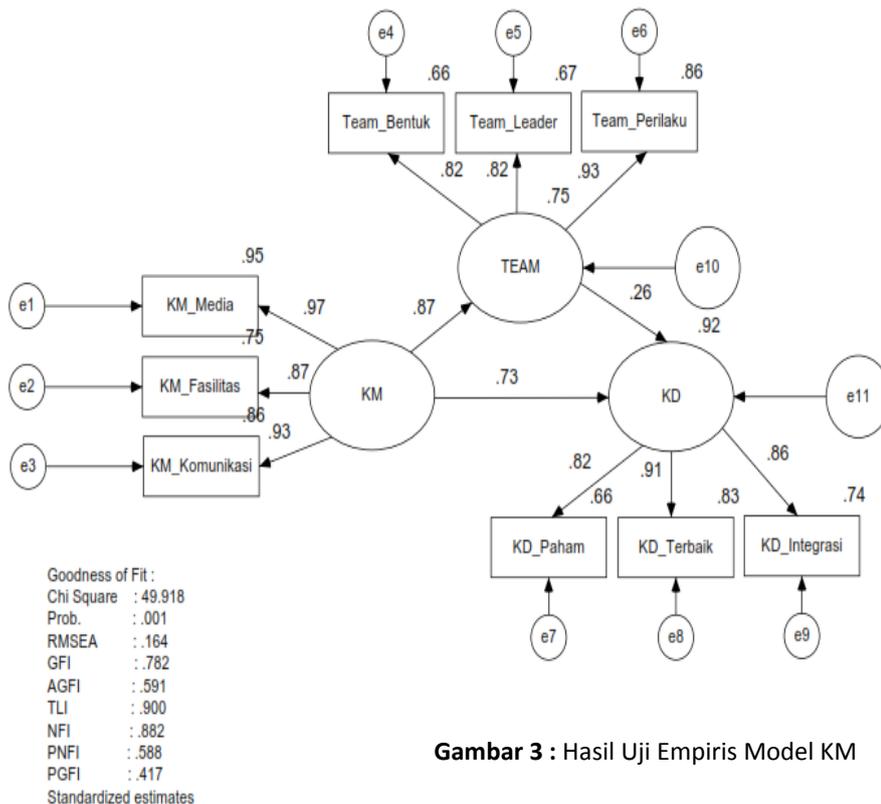
Hasil uji empiris kemudian dipergunakan sebagai landasan untuk merumuskan hierarki pengambilan keputusan untuk memilih konfigurasi spasial dan nilai ekonomi dalam mewujudkan infrastruktur berkelanjutan yang adaptif dan kolaboratif. Model pengambilan keputusan tersebut digambarkan dalam bentuk hierarki proses dengan menggunakan model *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Model KM

Teknik analisis SEM dipergunakan untuk menguji empiris model konseptual KM dan hasil uji empirisnya disajikan pada Gambar 3. Dalam uji empiris dengan menggunakan analisis SEM, terdapat dua analisis utama dalam menguji model konseptual, yaitu analisis faktor konfirmatori yang mengkonfirmasi model teori pengukuran masing-masing variabel dengan indikator yang telah dirumuskan serta analisis jalur yang mengkonfirmasi hubungan antar variabel KM, Tim Kerja, dan Kolaborasi Desain dalam model konseptual KM.

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh variabel dan indikator dalam model KM memiliki pengaruh positif terhadap pencapaian keberhasilan kolaborasi desain. Hal ini diketahui dari besaran nilai indikator Kesepemahaman (0,82), Desain Terbaik (0,92), dan Integrasi (0,86). Ketiga nilai indikator tersebut mencerminkan kekuatan hubungan positif antara aspek sosial (kesepahaman), aspek teknis dan ekonomis (design) dan unsur spasial (integrasi). Gabriel dan Maher (2002) menemukan bahwa dalam pemahaman masing-masing partisipan akan proses pengembangan desain memegang peranan penting dalam mendukung kolaborasi, dimana faktor tersebut berkontribusi pada pencapaian keputusan pemilihan desain pengembangan terbaik. Model empiris juga menunjukkan hasil yang sama,



Gambar 3 : Hasil Uji Empiris Model KM

dimana faktor kesepemahaman merupakan salah satu indikator pencapaian keberhasilan kolaborasi desain.

Tidak berbeda dengan indikator kesepemahaman dua indikator lainnya yaitu pencapaian desain terbaik dan integrasi juga berperan penting dalam pencapaian keberhasilan kolaborasi. Lu et al (2007) dan Kvan (2000) menyatakan bahwa dalam proses kolaborasi, hasil akhir berupa desain terbaik akan tercapai apabila seluruh partisipan bekerja bersama-sama secara simultan dalam proses desain. Para pelaku desain memiliki persepsi yang sama, dimana dalam menghasilkan desain terbaik diperlukan keterlibatan seluruh partisipan, terutama dalam mengambil keputusan berupa alternatif desain terbaik melalui penyesuaian kriteria yang dihasilkan dari beragam keahlian partisipan.

Detienne (2006) mengungkapkan bahwa salah satu faktor penting pendukung kolaborasi adalah integrasi, yaitu integrasi beragam pekerjaan dan persepsi sebagai solusi dalam menyatukan partisipan yang memiliki latar belakang yang berbeda-beda dalam proses kolaborasi. Menurut para pelaku desain, faktor integrasi berperan penting dalam keberhasilan kolaborasi. Sesuai konsep yang dipaparkan oleh Detienne (2006), integrasi dalam kolaborasi tercapai melalui integrasi beragam pekerjaan dengan menerapkan organisasi, komunikasi informal, dan peningkatan kepedulian. Selain itu, integrasi beragam persepsi dapat tercapai melalui pembentukan kesamaan pemikiran dan pertimbangan kriteria desain dalam pengambilan keputusan.

Berdasarkan hasil analisa faktor konfirmatori, seperti yang disajikan pada Gambar 3, dapat diketahui bahwa masing-masing indikator yang membentuk variabel KM dan Tim Kerja menggambarkan koefisien struktural yang memiliki nilai signifikan. Pada variabel KM, masing-masing nilai koefisien struktural indikatornya adalah Media (0,97), Fasilitas (0,87), dan Komunikasi (0,93), dengan nilai kesalahan pengukuran masing-masing sebesar 0,95; 0,75; dan 0,86. Sedangkan pada variabel Tim Kerja, masing-masing nilai koefisiennya adalah Pembentukan (0,82), Gaya Kepemimpinan (0,82), dan Perilaku Partisipan (0,75), dengan nilai kesalahan pengukuran masing-masing sebesar 0,66; 0,67; dan 0,86.

Sehingga dari hasil uji empiris analisa SEM tersebut dapat disimpulkan bahwa model rumusan teori indikator pembentuk variabel KM dan Tim Kerja dalam Model KM telah terkonfirmasi, dimana masing-masing indikator berhubungan secara

linier dengan variabelnya dan secara valid dapat dipergunakan untuk mengukur variabel KM dan Tim Kerja. Hasil temuan tersebut menunjukkan tidak adanya perbedaan antara hasil teoretis yang dianalisa dari penelitian terdahulu kolaborasi desain dengan persepsi dan pemikiran pelaku desain pengembangan infrastruktur di Indonesia.

Dari hasil uji empiris melalui analisa jalur, yang menganalisa korelasi antar variabel dalam model KM, dapat diketahui bahwa KM memiliki pengaruh secara langsung pada keberhasilan kolaborasi desain sebesar 0,73. Sedangkan pengaruh tidak langsungnya akibat dari intervensi faktor tim kerja adalah sebesar 0,177. Berdasarkan Wijanto (2008), maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh KM secara langsung pada kolaborasi desain lebih besar bila dibandingkan dengan pengaruh KM yang dimediasi faktor tim kerja. Selain itu juga didapatkan hasil bahwa variabel KM memiliki korelasi secara langsung dengan variabel Tim Kerja dengan nilai pengaruh sebesar 0,87; sedangkan variabel Tim Kerja memiliki korelasi langsung dengan pencapaian keberhasilan kolaborasi desain dengan nilai pengaruh sebesar 0,26.

Berbeda dengan hasil uji empiris pada pengaruh masing-masing indikator dalam variabel pendukung model KM pada kolaborasi desain, dimana terdapat kesamaan antara hasil temuan empiris dengan kajian pustaka, yaitu semua indikator yang terumuskan dalam model KM memiliki pengaruh positif pada masing-masing variabel pendukung; hasil uji empiris model KM secara keseluruhan menunjukkan bahwa pengaruh mediasi Tim Kerja lebih kecil bila dibandingkan dengan pengaruh aplikasi KM secara langsung.

Temuan ini bertolak belakang dengan temuan Lu et al (2007), dimana pencapaian keberhasilan kolaborasi desain terwujud melalui pertimbangan dua faktor utama, yaitu faktor teknis dan sosial. Sehingga dalam mendukung kolaborasi diperlukan penerapan dan pertimbangan kedua faktor tersebut secara bersama. Sehingga berdasarkan hasil temuan melalui analisa teoretis dan empiris, dapat disintesis bahwa dalam pelaksanaannya, faktor sosial belum mendapat perhatian sebagai faktor pendukung utama dalam pencapaian keberhasilan kolaborasi. Para pelaku desain berpersepsi bahwa KM adalah faktor pendukung utama dalam kolaborasi. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan berdasar pada temuan Rahmawati et al (2013) yang mengungkapkan peran penting KM sebagai faktor utama pendukung keberhasilan kolaborasi desain.

Model KM dirumuskan dengan landasan tujuan untuk memperoleh wacana pertimbangan faktor

pendukung tercapainya keberhasilan kolaborasi desain dalam proses desain pengembangan infrastruktur berkelanjutan, dimana pencapaian aspek infrastruktur berkelanjutan tersebut direalisasikan melalui integrasi aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan (Melchert 2007). Penerapan kolaborasi desain dilandasi oleh kebutuhan akan fasilitas integrasi berbagai aspek tersebut, yang didapatkan dengan cara melibatkan para ahli yang berbeda-beda sesuai dengan kompetensinya pada ketiga aspek utama tersebut. Termasuk keterlibatan aspek ekonomi yang selama ini belum banyak dipertimbangkan dalam pengembangan infrastruktur suatu wilayah (Thaher 2010; Iqbal 2011; Hasibuan 2012; Biang 2008). Sehingga dengan demikian, hasil uji empiris model KM ini dapat dipergunakan sebagai wacana pertimbangan dalam menghasilkan desain infrastruktur berkelanjutan melalui proses kolaborasi desain. Wacana tersebut juga dapat dipertimbangkan dalam pemilihan konfigurasi spasial desain infrastruktur terbaik, dengan melalui tahapan pemilihan kriteria adaptif dan kolaboratif dengan berdasar pada model KM tersebut.

#### **Model Hierarki Pengambilan Keputusan**

Model empiris KM dalam kolaborasi desain dapat dikembangkan untuk memilih konfigurasi spasial dan nilai ekonomi infrastruktur yang adaptif dan kolaboratif, dengan menerapkan hierarki pengambilan keputusan seperti yang disajikan pada Gambar 4. Teknik analisis *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dapat dipergunakan untuk mengembangkan model empiris KM dengan tujuan utama untuk mencari konfigurasi spasial pengembangan infrastruktur yang terbaik, yaitu yang berkelanjutan dan terutama memberikan nilai ekonomis di wilayah sekitar pengembangan infrastruktur tersebut. Model hierarki pengambilan keputusan ini merupakan model konseptual pengambilan keputusan yang perumusannya didasarkan pada hasil uji empiris model empiris KM. Dimana untuk mendapatkan alternatif konfigurasi spasial infrastruktur terbaik, diperlukan studi lanjutan melibatkan para ahli yang telah disesuaikan antara kompetensinya dengan jenis pengembangan infrastrukturnya, untuk memilih masing-masing kriteria adaptif dan kolaboratif dalam model hierarki pengambilan keputusan.

Terdapat tiga tahap utama dalam pemilihan alternatif konfigurasi spasial infrastruktur terbaik. Tahap pertama adalah pemilihan kriteria adaptif dan kolaboratif, melalui aspek KM dan tim kerja. Kemudian dilanjutkan dengan pemilihan sub kriteria adaptif dan kolaboratif pada tahap ke-

dua, melalui aspek media, fasilitas, komunikasi, pembentukan tim kerja, gaya kepemimpinan, dan perilaku partisipan. Setelah itu dilanjutkan tahap ketiga, yaitu pemilihan kriteria kolaborasi desain terbaik. Aspek yang perlu dipertimbangkan dalam tahap ketiga terdiri atas kesepemahaman, pencapaian desain terbaik, dan integrasi. Dan tahap terakhir adalah pemilihan alternatif-alternatif konfigurasi spasial infrastruktur terbaik.

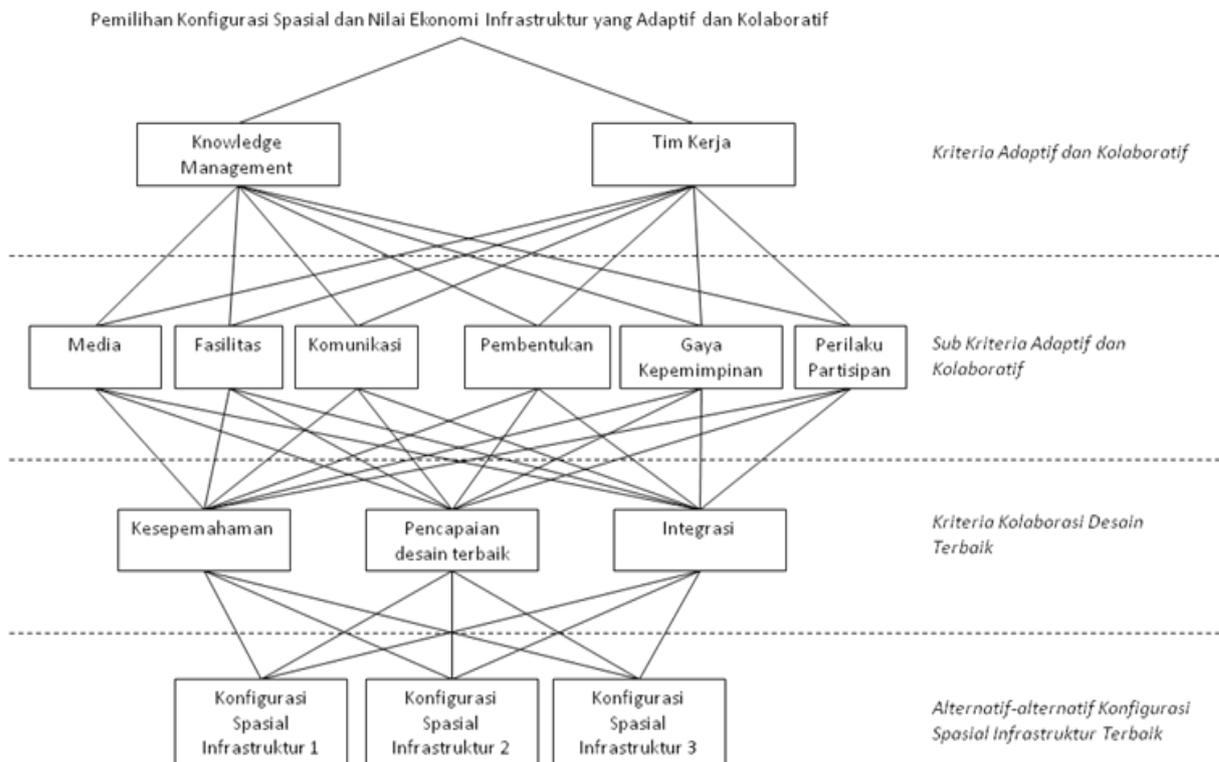
#### **Model Pola Korelasi Faktor Pendukung Kolaborasi Desain**

Untuk mencapai tujuan hasil desain terbaik dalam pengembangan infrastruktur di suatu kawasan/wilayah, model empiris KM juga dapat dikembangkan dengan tujuan utama untuk mendapatkan pola korelasi penerapan masing-masing variabel dan indikator pendukung dalam berkolaborasi untuk mendapatkan konfigurasi spasial infrastruktur terbaik. Sehingga dengan demikian, akan didapatkan pola korelasi faktor pendukung yang dapat dipertimbangkan secara spesifik dalam pencapaian konfigurasi spasial infrastruktur tertentu, sesuai dengan dasar pemilihan kriteria yang diinginkan atau diharapkan dalam hasil akhir desain. Diperlukan studi lanjutan untuk menganalisa model empiris KM, seperti yang tersajikan pada Gambar 3, untuk mendapatkan model spesifik pola korelasi faktor pendukung masing-masing kriteria kolaborasi.

Teknik analisis data mining dapat dipergunakan untuk pengembangan tersebut. Fungsi utama dari data mining menurut Olson dan Delen (2008) adalah untuk mentransformasi sejumlah koleksi data yang diperoleh selama proses desain dan perencanaan infrastruktur menjadi pengetahuan, dengan melalui tahapan proses pembersihan data; pengintegrasian data; pemilihan data; transformasi data; penggalian data; evaluasi pola data; dan presentasi pengetahuan sebagai hasil akhir dari proses tersebut. Untuk menemukan pola korelasi antar variabel dan indikator dalam berkolaborasi dan memperoleh konfigurasi yang sesuai, maka dapat menerapkan *frequent pattern growth* (Han et al, 2004) dan *discriminative frequent pattern based classification* (Han et al, 2012). Klasifikasi pola korelasi yang ditemukan akan berperan sebagai model konseptual yang dapat diaplikasikan pada sistem berbasis teknologi informasi dan komunikasi untuk memfasilitasi proses kolaborasi desain pemilihan konfigurasi spasial dan nilai ekonomi infrastruktur berkelanjutan yang adaptif dan kolaboratif.

#### **KESIMPULAN**

Model KM yang mampu mendukung kolaborasi



**Gambar 4 :** Hierarki Pengambilan Keputusan untuk Memilih Konfigurasi Spasial Infrastruktur Terbaik

Sumber : Diadopsi dari Gabriel dan Maher (2002), Kvan (2000), Lu et al (2007), Detienne (2006), Leeuwen dan Fridqvist (2006), Chiu dan Lan (2005), Lottaz et al (2000), Chiu (2002), Girard dan Robin (2006), Huang et al (2010), Vivacqua et al (2011)

desain dalam pengembangan infrastruktur berkelanjutan adalah model yang dibentuk dari 3 variabel dan 9 indikator, dimana variabel utamanya adalah variabel KM, Tim Kerja, dan Kolaborasi Desain. Berdasarkan hasil uji empiris ditemukan bahwa faktor KM memiliki pengaruh lebih besar secara langsung pada kolaborasi desain, sedangkan nilai pengaruh yang diakibatkan dari adanya mediasi tim kerja lebih kecil. Temuan fenomena tersebut menunjukkan bahwa KM merupakan faktor penentu keberhasilan kolaborasi desain dalam mendukung pencapaian desain pengembangan infrastruktur berkelanjutan, dengan melalui pertimbangan aplikasi media pendukung, pengembangan fasilitas kemudahan proses berintegrasi dan berkolaborasi pada media pendukung, serta pengorganisasian komunikasi partisipan selama proses kolaborasi.

Pengembangan infrastruktur berkelanjutan dapat direalisasikan dengan pemilihan konfigurasi spasial alternatif desain infrastruktur berkelanjutan yang tepat sasaran, adaptif, dan kolaboratif. Pemilihan konfigurasi spasial terbaik dipengaruhi oleh 3 tahapan hierarki pengambilan keputusan. Tahap pertama adalah pemilihan kriteria adaptif dan kolaboratif melalui faktor KM dan Tim Kerja.

Tahap kedua pemilihan sub kriteria adaptif dan kolaboratif melalui faktor media, fasilitas, komunikasi, pembentukan tim kerja, gaya kepemimpinan, dan perilaku partisipan. Serta tahap ketiga adalah pemilihan kriteria kolaborasi desain terbaik melalui faktor kesepemahaman, pencapaian desain terbaik, dan integrasi.

Selain kolaborasi, kerjasama dan koordinasi merupakan dua pendekatan yang juga dapat diterapkan dalam menyelesaikan pekerjaan yang melibatkan banyak partisipan. Hasil penelitian ini terbatas pada kajian dan penerapan pendekatan kolaborasi saja, tanpa mempertimbangkan peran pendekatan kerjasama dan koordinasi dalam berkolaborasi untuk mendapatkan desain pengembangan dan konfigurasi spasial terbaik. Sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat disarankan untuk mempertimbangkan dukungan pendekatan kerjasama dan koordinasi pada penerapan konsep kolaborasi desain.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Institut Teknologi Sepuluh

Nopember (ITS) yang telah mendanai penelitian berjudul "Pengembangan Konfigurasi Spasial dan Nilai Ekonomi Urban Heritage yang Adaptif dan Kolaboratif" melalui program "Riset Unggulan Perguruan Tinggi tahun 2014".

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anumba, CJ., Ugwu, OO., Newnham, L., dan Thorpe, A. 2002. Collaborative Design of Structures using Intelligent Agents. *Automation in Construction* 11: 89-103.
- Biang, FD. 2008. Dampak Pembangunan Jalan Metro Tanjung Bunga terhadap Komunitas Nelayan di Kota Makassar. Tesis Universitas Diponegoro. Semarang.
- Bock, et al. 2010. Ontological Product Modeling for Collaborative Design. *Advanced Engineering Informatics* 24: 510-524.
- Brown, G. 1999. Design and Value: Spatial Form and Economics Failure of A Mall. *Journal of Real Estate Research* 17 (1/2): 189 – 225.
- Chiu, ML. 2002. An Organization View of Design Communication in Design Collaborative. *Design Studies* 23: 187-210.
- Chiu, ML. & Lan, JH. 2005. Information and Information Mining for Supporting Collaborative Design. *Automation in Construction* 14
- Dave, B. & Koskela, L. 2009. Collaborative Knowledge Management- A Construction Case Study. *Automation in Construction* 18: 894-902.
- Detienne, F. 2006. Collaborative Design: Managing Task Interdependencies And Multiple Perspective. *Interacting With Computer* 18: 1-20.
- Du, J., Jing, S., Liu J. 2011. Creating Shared Design Thinking Process For Collaborative Design. *Journal Of Network And Computer Applications* 35(1).
- EKKendi, M. 2013. Dampak Pembangunan Jembatan Suramadu terhadap Perekonomian Pulau Madura .Tesis Universitas Diponegoro. Semarang
- Gabriel, G.C., & Maher, M.L. 2002. Coding And Modelling Communication In Architectural Collaborative Design. *Automation in Construction* 11.
- Girard, P., & Robin, V. 2006. Analysis of Collaboration for Project Design Management. *Computers in Industry* 57: 817-826.
- Gross, MD. et al. 1998. Collaboration And Coordination In Architectural Design: Approaches To Computer Mediated Teamwork. *Automation in Construction* 7: 465-473.
- Gu, N, et al. 2005. Ontology Based Semantic Conflicts Resolution In Collaborative Editing Of Design Documents. *Advanced Engineering Informatics* 19: 103-111
- Gu, et al. 2011. Technological Advancements In Synchronous Collaboration: The Effect Of 3D Virtual Worlds And Tangible User Interfaces On Architectural Design. *Automation in Construction* 20: 270-278.
- Han, J., Pei, J., Yin, Y., and Mao, R. 2004. Mining Frequent Patterns Without Candidate Generation: A Frequent-Pattern Tree Approach. *Data Mining and Knowledge discovery* 8: 53-87.
- Han, J., Kamber, M., dan Pei, J. 2012. *Data mining concepts and techniques*. 3rd Ed. Morgan Kaufmann Publishers. Elsevier
- Hasibuan, S. 2012. Dampak Pengembangan Pelabuhan Pekanbaru di Kawasan Pasar Bawah. Tesis Universitas Brawijaya. Malang.
- Huang, et al. 2010. The Contingent Effects Of Leadership On Team Collaboration In Virtual Teams. *Computers in Human Behavior* 26: 1098-1110.
- Huifen, W., et al. 2003. Feature-based Collaborative Design. *Journal of materials processing technology*.
- Idrus, A., & Utomo, C. 2010. Cooperative Coalition Formation on Value-based Decision. *Information Technology (ITSim) International Symposium* 3
- Iqbal, M. 2011. Pengembangan Masyarakat sebagai Upaya Pencegahan Kejahatan di Wilayah Pengembangan Jembatan Surabaya-Madura (Aplikasi Community Development Crime Prevention). *Jurnal Kriminologi Indonesia* 7 (II): 228-243.
- Kalay, et al. 1998. An Integrated Model to Support Distributed Collaborative Design of Buildings. *Automation in Construction* 7: 177-188
- Kolarevic, B., et al. 2000. An Experiment in Design Collaboration. *Automation in Construction* 9: 73-81.
- Koch, C. 2003. Knowledge Management In Consulting Engineering – Joining It And Human Resources To Support The Production Of Knowledge. *Engineering, Construction, and Architectural Management* 10 (6)
- Kvan, T. 2000. Collaborative Design: What Is It?. *Automation in Construction* 9: 409-415.
- Kvan, T, dan Candy, L. 2000. Designing Collaborative Environments For Strategic Knowledge In Design. *Knowledge-based System* 13: 429-438.
- Leeuwen, JPV. & Fridqvist, S. 2006. An Information Model For Collaboration In The Construction Industry. *Computers in Industry* 57: 809-816.
- Lu, SCY., Elmaraghy, W., Schuh, G., and Wilhelm, R. 2007. A Scientific Foundation Of Collaborative Engineering. *Annals of the CIRP* 56 (2)

- Lottaz, C., Smith, IFC., Nicoud, YR., and Faltings, BV. 2000. Constraint-Based Support For Negotiation In Collaborative Design. *Artificial Intelligent in Engineering* 14: 261-280.
- Melchert, L. 2007. The Dutch Sustainable Building Policy: A Model For Developing Countries. *Journal of Building and Environment* 42 : 893-901.
- Mezher, T., Abdul-Malak, MA., Ghosani, I., dan Ajam, M. 2005. Knowledge Management In Mechanical And Industrial Engineering Consulting: A Case Study. *Journal of management in engineering* 21 (3).
- Olson, DL., and Delen, D. 2008. *Advanced Data Mining Techniques*. Heidelberg : Springer Verlag
- Patel, H., Pettitt, M., and Wilson, JR. 2012. Factors of Collaborative Working: A Framework For A Collaboration Model. *Applied Ergonomics* 43: 1-26.
- Pearson, TD., and Fanning, S. 1987. A Practical Method for Complying with R 41c's Highest and Best Use Requirement. *The Appraisal Journal*: 180-190.
- Ping, CS., Keung CNY., Ramanathan M. 2011. Integrated Team Design Process – Successful Stories Of Hong Kong Mtr Corporation Projects. *Journal of Procedia Engineering* 14: 1190-1196.
- Rahmawati, Y., Utomo, C., and Anwar, N. 2012. Exploring Socio-Technical Factors to Successful Collaborative Design in Product Development: A Review, International Conference of Organization Innovation, 10 Juli 2012.
- Rahmawati, Y., Utomo, C., and Anwar, N. 2012, Collaborative Design in Construction: Past, Present, and Future Research. International Conference of Sustainable Built Environment 10-12 Juli 2012.
- Rahmawati, Y., Anwar, N., and Utomo, C. 2013. A Concept of Successful Collaborative Design towards Sustainability of Project Development. *International Journal of Social, Human Science & Engineerin* 7 (4)
- Rahmawati, Y., Utomo, C., and Anwar, N. 2013, The Role of Knowledge Management in Collaborative Design to Support Construction Process. 13th International Conference on Quality in Research 25-28 Juni 2013.
- Rahmawati, Y., Utomo, C., Anwar, N., Purwanita, S., & Nurcahyo, CB. 2014. An Empirical Model for Successful Collaborative Design towards Sustainable Project Development. *Journal of Sustainable Development* 7 (1)
- Rezgui, et al. 2011. Past, Present And Future Of Information And Knowledge Sharing In The Construction Industry: Towards Semantic Service-Based E-Construction?. *Computer-Aided Design* 43: 502-515.
- Robin, V., Rose, B., dan Girard, P. 2006. Modelling Collaborative Knowledge to Support Engineering Design Project Manager. *Computers in Industry* 58: 188-198
- Rosenman, MA., Smith, G., Maher, ML., Ding, L., & Marchant, D. 2007. Multidisciplinary Collaborative Design In Virtual Environments, *Automation in Construction*. 16: 37-44.
- Saad, M., dan Maher, ML 1995, Shared Understanding In Computer-Supported Collaborative Design. *Computer Aided Design* 28 (3): 183-192.
- Sutami. 2009. Partisipasi Masyarakat pada Pembangunan Prasarana Lingkungan Melalui Program Pemberdayaan Masyarakat Kelurahan (PPMK) di Kelurahan Marunda Jakarta Utara. Tesis Universitas Diponegoro Semarang.
- Thaher, MS. 2010. Pengembangan Infrastruktur Kampung Nelayan Malabero di Kawasan Wisata Pantai Tapak Paderi Kota Bengkulu. Tesis Universitas Diponegoro Semarang.
- Utomo, C. 2002. Spatial Design Values, and Economic Consideration for Vernacular Settlement as A Tourism and Market Commodity. *Proceeding 2nd International Seminar on Vernacular Settlement*. UI
- Utomo, C. 2010. Multi-person Decision Model for Unfinished Construction Project. IPTEK, *The Journal of Technology and Science* 21 (2)
- Utomo C, Idrus, A., and Napiyah, M. 2009. Methodology for Multi Criteria Group Decision and Negotiation Support on Value-based Decision. International Conference on Advanced Computer Control. 22-24 Januari 2009 Singapura.
- Utomo, C., Rahman, NA., dan Idrus, A. 2012. Multi-person decision for Sustainable Design on IBS Floor System Selection. *Civil Engineering Forum* XXI (2).
- Utomo, C., dan Rahmawati, Y. 2012. The Achievement to Sustainability on Vertical Housing Development through Whole System Design. 3rd International Seminar on Tropical Eco Settlements. 31 Oktober 2012.
- Vivacqua, AS., et al. 2011, BOO: Behavior-Oriented Ontology To Describe Participant Dynamic In Collocated Design Meetings, *Expert System With Application* 38: 1139-1147.
- Wijanto, S.H. 2008. *Structural Equation Modeling Dengan Lisrel 8.8, Konsep Dan Tutorial*. Yogyakarta: Graha Ilmu, .
- Wongso,J., et al. 2011, Menuju Pelestarian Kawasan

Pusaka Kota Bukittinggi. *Jurnal Alam Bina*.  
Universiti Teknologi Malaysia.

Zha, X.F, dan Du, H. 2006. Knowledge Intensive Collaborative Design Modelling and Support Part 1 : Review Distributed Models and Framework. *Journal of Computers in Industry* 57: 39-55.