Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-14

Posted: September 24, 2020 *By:* admin-ftsl *Category:* Berita

Institut Teknologi Bandung dan konsorsium Konteks menyelenggarakan Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-14, pada tanggal 6-7 Oktober 2020, di Bandung, bersamaan dengan peringatan 100 Tahun Pendidikan Teknik Sipil Indonesia.

Konsorsium Konteks terdiri dari 9 Program Studi Teknik Sipil yaitu Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY), Universitas Pelita Harapan (UPH), Universitas Udayana (UNUD), Universitas Trisakti (USAKTI), Universitas Sebelas Maret (UNS), Institut Teknologi Nasional (ITENAS), Universitas Tarumanagara (UNTAR), Universitas Katolik Soegijopranoto dan Universitas Syiah Kuala (Unsyiah).

Pembicara dalam acara ini diantaranya adalah :

- PROF. M. SAHARI BESARI – ITB
- DR. WIM RAVESTEIJN – TU DELFT
- PROF. SUDJARWADI – UGM
- PROF. SHUNJI KUSAYANAGI – KUT
- HADJAR SETI ADJI – PT. WASKITA KARYA PERSERO, Tbk.
- ZAFIRA NADIA MAAZ – UTM

Silahkan bergabung dalam acara ini dengan mendaftarkan diri di PENDAFTARAN KONTEKS.

100 TAHUN ITB & Pendidikan Tinggi Teknik di Indonesia

Butuh Informasi? Klik Disini! ppidITB

Categories

Select Category

WEB MAIL FTSL

PERPUSTAKAAN

PROGRAM FAST-TRACK

PROGRAM TERPADU SARJANA-MAGISTER TEKNIK SIPIL

AGENDA

PELATIHAN

BROSUR

PETA WEBSITE

FORM KEHADIRAN ONLINE

ALAMAT KONTAK

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10, Bandung 40132, Indonesia
Tel. +62 22 250 4952
Fax +62 22 251 6586
Email : kantor@ftsl.itb.ac.id
Website: www.ftsl.itb.ac.id

WEB MAIL FTSL

PERPUSTAKAAN

IMPLEMENTASI *FUZZY LOGIC SYSTEM* DALAM *MODEL ASSESSMENT GREEN CONSTRUTCION* PADA KONSTRUKSI GEDUNG INDONESIA

Andira Triana Putri[1], Biemo W. Soemardi[2]

[1] *Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl.Ganesha No. 10 Bandung*
Email: andiratrianap@gmail.com
[2] *Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung, Jl.Ganesha No. 10 Bandung*
Email: b.soemardi@gmail.com

ABSTRAK

Perkembangan praktik *green constructon* di Indonesia masih sangat rendah. Hal ini dapat disebabkan karena kurangnya kesadaran pihak yang berkaitan dalam praktik konstruksi. Dengan adanya suatu sistem khusus untuk menilai kinerja proses konstruksi dalam aspek pengelolaan terhadap dampak lingkungan, diharapkan praktik *green construction* dapat meningkat. Dalam menilai sesuatu, manusia cenderung untuk menilai secara kualitatif terlebih dahulu dengan menggunakan *linguistic variable* sebelum menerjemahkannya ke dalam suatu bahasa masukan yang lain misalnya variabel numerik, dan dalam penilaian tersebut terdapat sifat subjektif yang dimiliki manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan model penilaian *green construction* untuk proyek gedung di Indonesia dengan menggunakan konsep *fuzzy* yang dapat mengatasi permasalahan penilaian subjektif manusia. Data yang diperlukan pada penelitian ini diperoleh dari praktisi dan akademisi menggunakan metode kuesioner. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebuah model penilaian *green construction* dengan konsep *fuzzy* yang terdiri atas 14 faktor dalam 7 aspek, dikembangkan dari preferensi penilaian kelompok praktisi dan akademisi, dan diterapkan dalam program MATLAB.

Kata kunci: *assessment, fuzzy logic,* green construction

1. PENDAHULUAN

Green construction adalah perencanaan dan pengelolaan proyek konstruksi agar pengaruh proses konstruksi terhadap lingkungan seminimal mungkin (Galvinich, 2008). Dengan adanya suatu sistem khusus untuk menilai kinerja proses konstruksi dalam aspek pengelolaan terhadap dampak lingkungan, diharapkan praktisi konstruksi di Indonesia dapat memahami prinsip-prinsip *green construction* yang perlu diimplementasikan, mengevaluasi dan meningkatkan kinerjanya dengan melakukan perbaikan ramah lingkungan yang dibutuhkan.

Model *assessment green construction* pada proses konstruksi untuk proyek gedung di Indonesia sudah pernah diteliti sebelumnya oleh Wulfram I. Ervianto. Model tersebut dikembangkan berdasarkan literatur atau dokumen yang mengkaji tentang *green construction.* Untuk dapat mengukur nilai konstruksi dengan model penilaian tersebut, digunakan masukan berupa angka biner (1 dan 0) yang melambangkan ya dan tidak pada level indikator untuk memeriksa implementasi indikator-indikator yang ada pada konstruksi. Selanjutnya, nilai tersebut diproses dengan menggunakan konsep AHP untuk mempertimbangkan bobot kepentingan pada setiap tingkatan yang ada.

Input berupa angka biner terlalu tegas untuk menilai implementasi sebuah indikator dalam proses konstruksi. Karena penilai akan kesulitan untuk mendefinisikan suatu indikator yang sudah diimplementasikan namun belum sempurna (seharusnya memiliki nilai tengah diantara 0-1). Selain itu, dalam menilai suatu kondisi, manusia cenderung untuk menilai secara kualitatif terlebih dahulu dengan menggunakan *linguistic variable* sebelum menerjemahkannya ke dalam suatu bahasa masukan yang lain misalnya variabel numerik, dan dalam prosesnya pasti dipengaruhi oleh sifat subjektif yang dimiliki manusia. Berdasarkan hal tersebut, maka seharusnya penilaian akan cenderung menjadi lebih nyaman apabila masukannya sudah disesuaikan dengan apa yang sudah dipikirkan oleh seseorang untuk pertama kalinya. Berawal dari argumen tersebut, *model assessment green construction* ini akan dikembangkan dengan metode logika *fuzzy* yang dapat mengatasi permasalahan penilaian subjektif manusia.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mencoba untuk membuktikan bahwa *model assessment green construction* pada proses konstruksi bangunan gedung di Indonesia oleh Wulfram Ervianto dapat dikembangkan dengan konsep samar/*fuzzy* untuk mengakomodasi penilaian subjektif atau tidak. Penelitian ini berlaku untuk proyek gedung pada umumnya termasuk pekerjaan arsitektural. Sedangkan untuk pekerjaan mekanikal, elektrikal dan plumbing tidak diakomodasi dalam penelitian ini.

2. KONSEP SAMAR DAN PENILAIAN *GREEN CONSTRUCTION*

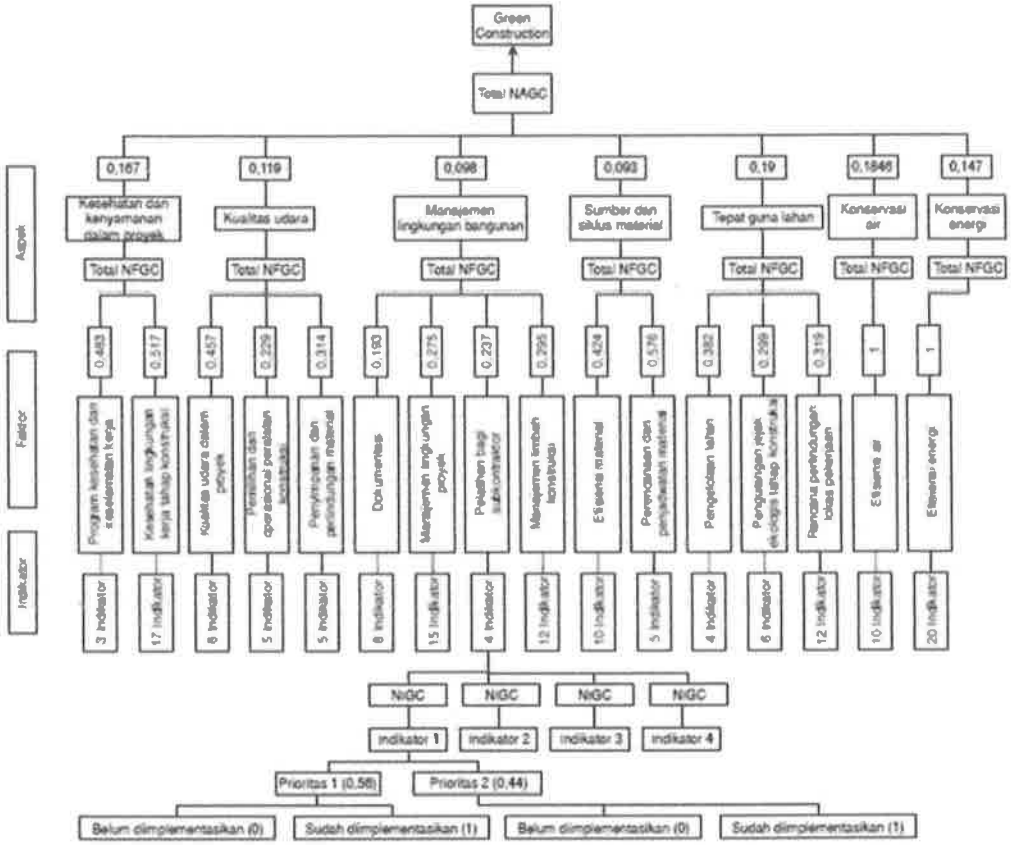
Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Ervianto (2015) yang menghasilkan model *assessment green construction* untuk bangunan gedung di Indonesia sebagai instrumen untuk menilai seberapa jauh konsep *green construction* diterapkan pada proyek-proyek pembangunan gedung di Indonesia. Penelitian ini mengasumsikan bahwa dengan adanya model *assessment green construction* maka aktivitas dalam proses konstruksi dapat lebih terukur seberapa jauh penerapan konsep konstruksi hijaunya. Model Ervianto dikembangkan melalui pendekatan kuantitatif berdasarkan data yang dikumpulkan melalui serangkaian kuesioner yang diberikan kepada berbagai pihak yang terlibat dalam konstruksi. Langkah yang dilakukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Kajian dan perumusan aspek, faktor dan indikator *green construction* dari berbagai sumber. Keluaran: instrumen pengumpul data berupa kuesioner untuk responden kontraktor, masyarakat sekitar proyek dan pakar.
2. Mengelompokkan indikator dalam kelompok prioritas I dan II menggunakan data kuesioner dengan responden kontraktor.
3. Memastikan bahwa indikator *green construction* yang terpilih memberikan dampak positif terhadap penerima dampak dengan memproses data yang diperoleh dari kuesioner kepada masyarakat yang berada di sekitar lokasi proyek dengan metode reskoring.
4. Memastikan indikator *green construction* mampu memberikan dampak positif bagi masyarakat sekitar proyek dengan melakukan uji kesamaan dua rata-rata (uji-T) terhadap data yang diperoleh dari langkah 2 dan 3.
5. Menentukan bobot aspek, faktor dan indikator menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* dengan data yang diperoleh dari kuesioner yang diberikan kepada kelompok pakar.
6. Validasi model representatif melalui uji kesamaan dua rata-rata pada data yang diperoleh dengan menggunakan kuesioner yang diberikan kepada dua kelompok responden yang berbeda yang terdiri dari pertanyaan sederhana untuk menguji apakah model mampu mewakili fakta di lapangan atau tidak.
7. Uji model untuk 4 kriteria proyek untuk mengetahui apakah model dapat digunakan untuk menilai proses konstruksi.
8. Mengumpulkan data dari kuesioner yang diberikan kepada kontraktor untuk mengetahui indikator *green construction* yang telah dilaksanakan serta hambatan yang terjadi dalam menerapkan indikator pada proyek.

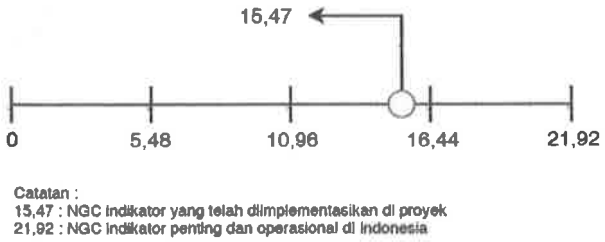
Model *assessment green construction* yang dikembangkan oleh W. Ervianto terdiri atas empat level hierarki, yaitu:

1. Level Indikator, sesuatu yang memberikan petunjuk perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang.
2. Level Faktor, suatu keadaan yang mempengaruhi perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang.
3. Level Aspek, sudut pandang dalam perencanaan dan pelaksanaan proses konstruksi untuk meminimalkan dampak negatif proses konstruksi terhadap lingkungan agar terjadi keseimbangan antara kemampuan lingkungan dan kebutuhan hidup manusia untuk generasi sekarang dan mendatang.
4. Level Konsep *Green Construction*.



Gambar 1. Hierarki *Model Assessment Green Construction* (Ervianto, 2015)

Hasil penilaian dari model tersebut adalah berupa angka dan persentase indikator yang sudah diimplementasikan. Nilai *green construction* (NGC) maksimum yang mungkin dicapai di Indonesia adalah sebesar 21,92 dengan 100% indikator (142 indikator) diimplementasikan. Berdasarkan penelitian, indikator yang telah diimplementasikan di Indonesia saat ini berjumlah 102 indikator (≈ 71,83%) dari seluruh indikator *green construction* di Indonesia. Apabila seluruh indikator tersebut di-*input* ke dalam model *assessment green construction,* maka akan diperoleh NGC sebesar 15,47.



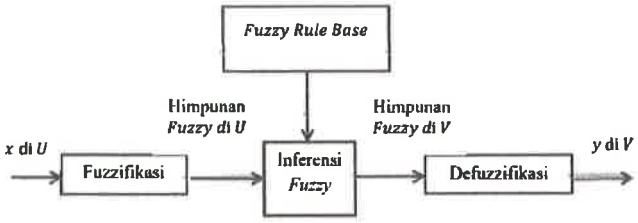
Gambar 2. Nilai *Green Construction* yang Dihasilkan oleh Indikator *Green Construction* yang telah Diimplementasikan di Proyek (Ervianto, 2015)

Konsep Nilai Samar

Berbeda dengan konsep penilaian sebelumnya, pada model penilaian *green construction* ini penilaian dilakukan berdasarkan nilai yang tidak tegas, atau nilai samar. Penilaian ini menggunakan konsep penilaian samar yang diperkenalkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh. Operasi dari sistem samar atau *fuzzy* tergantung dari eksekusi 4 fungsi utama:

1. Fuzzifikasi dari variabel *input*, yaitu mengubah nilai dari himpunan tegas ke nilai *fuzzy*.
2. Inferensi/evaluasi *rules*, yaitu melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input*.
3. Komposisi/agregasi, yaitu menyatukan seluruh hasil evaluasi *rules* yang ada.

4. Defuzzifikasi, yaitu mengubah nilai *fuzzy* hasil inferensi menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

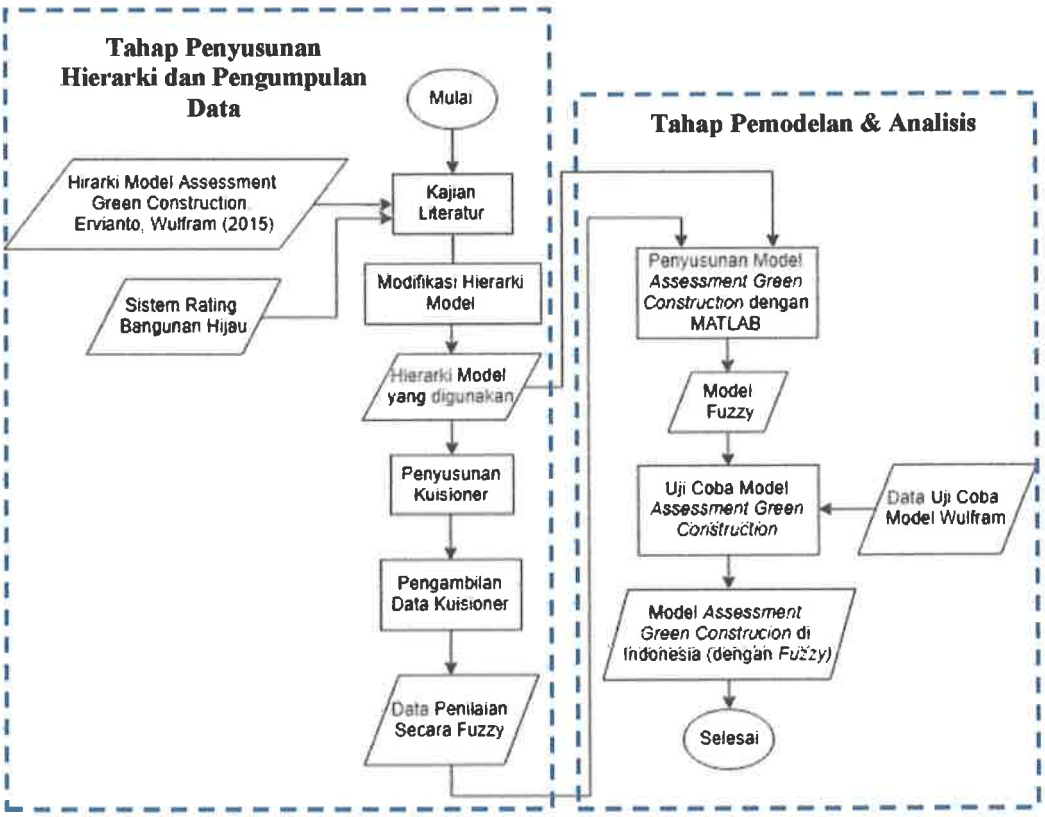


Gambar 3. Susunan Sistem *Fuzzy* (Wang, 1997)

3. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. Penelitian ini dimulai dari tahap penyusunan hierarki dan pengumpulan data dengan melakukan studi literatur dari penelitian sebelumnya dan sistem penilaian *green building* untuk memodifikasi hierarki model dari penelitian sebelumnya apabila diperlukan. Hasil modifikasi hierarki ini kemudian dijadikan acuan untuk merancang kuesioner yang digunakan untuk mengumpulkan data dari dua kelompok responden yang berbeda, yaitu praktisi konstruksi dan akademisi. Kuesioner ini bertujuan untuk mendapatkan preferensi penilaian orang-orang terhadap faktor dan aspek konstruksi secara *fuzzy*. Data yang dikumpulkan, akan digunakan untuk tahap pemodelan dan analisis.

Tahap pemodelan dan analisis dimulai dengan penyusunan model *assessment green construction* dengan menggunakan MATLAB dan data yang sudah dikumpulkan dari kuesioner. Penelitian kemudian dilanjutkan dengan menguji model *fuzzy* dengan data percobaan dari model Ervianto dan membandingkan hasil yang diperoleh dari kedua model tersebut untuk mengetahui apakah model *fuzzy* dapat digunakan atau tidak. Apabila selisih nilai antar model yang terjadi <10%, maka model dianggap mampu dikembangkan menggunakan konsep *fuzzy*.



Gambar 4. Tahapan Penelitian

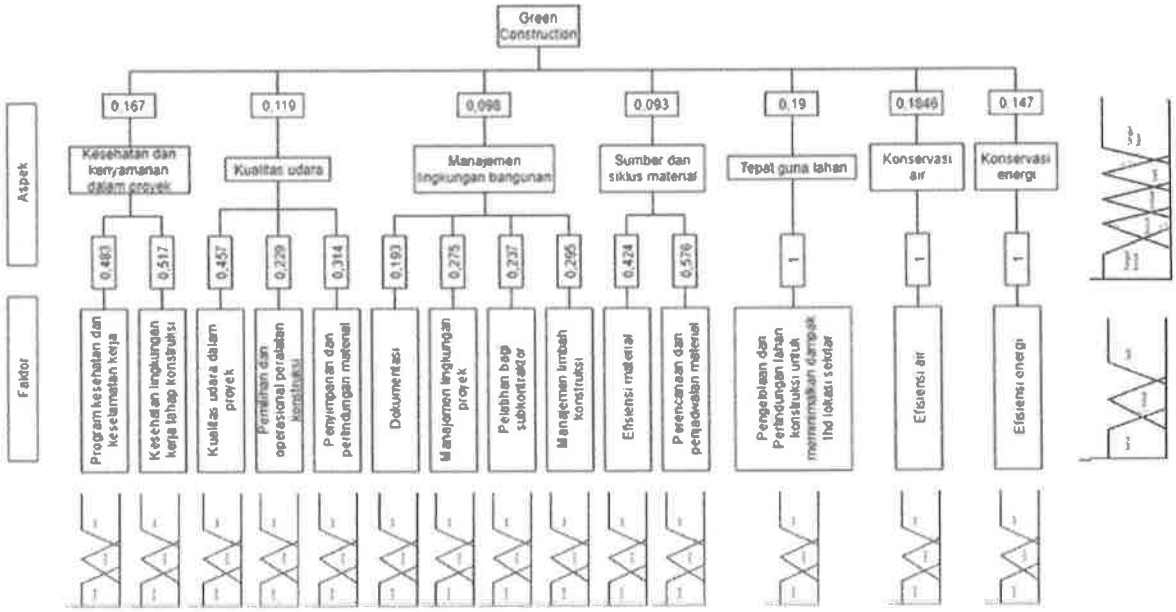
4. PENYUSUNAN HIERARKI DAN PENGUMPULAN DATA

Hierarki Model *Assessment Green Construction*

Berdasarkan studi literatur dari penelitian sebelumnya dan jurnal terkait, penulis menyimpulkan bahwa terdapat beberapa faktor yang memiliki tujuan yang sama yang dapat digabungkan menjadi satu, yaitu pada aspek tepat guna lahan. Sebelumnya terdapat 3 faktor dalam aspek tersebut, yaitu:

1. Pengelolaan lahan, bertujuan untuk mempertimbangkan dalam pemilihan lokasi gedung yang akan berdampak pada kinerja dari gedung yang akan dibangun dalam hal pemilihan dan pengelolaan lahan, alternatif transportasi, gangguan pada lingkungan, pengelolaan air dan polusi.
2. Pengurangan jejak ekologis tahap konstruksi, tujuannya adalah efisiensi penggunaan sumber daya alam termasuk emisi akibat pembakaran minyak bumi.
3. Rencana perlindungan lokasi pekerjaan, untuk mengurangi kerusakan ekologi dan kerusakan lainnya dan menjalin relasi yang baik dengan berbagai pihak selama proses konstruksi.

Apabila disimpulkan, ketiga faktor ini memiliki tujuan yang sama yaitu untuk mengukur seberapa baik upaya yang dilakukan untuk mengelola dan melindungi lokasi konstruksi untuk meminimalkan dampak terhadap lokasi sekitar, baik pencemaran, perusakan, polusi, maupun gangguan. Sehingga akhirnya pada penelitian ini, struktur disederhanakan dengan menggabungkan ketiga faktor tersebut menjadi satu faktor. Berikut adalah hasil perubahan hierarki *model assessment* yang digunakan dalam penelitian ini yang terdiri atas 7 aspek yang mencakup 14 faktor.



Gambar 5. Hierarki Model *Assessment Green Construction* yang Digunakan

Pengumpulan Data

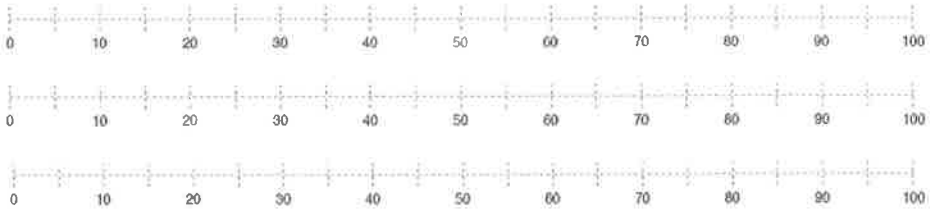
Kuesioner pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri atas 3 bagian, yaitu:

1. Profil responden: digunakan untuk memvalidasi data kuesioner.
2. Rentang penilaian faktor *green construction*: digunakan untuk membuat himpunan *input* sistem penilaian pada level faktor. Setiap faktor terdiri atas 3 kategori penilaian. Rentang penilaian akan berbeda untuk faktor satu dan faktor lainnya. Contoh:
   Faktor: program Kesehatan dan keselamatan kerja

K3 tidak terjamin

K3 cukup terjamin

K3 sangat terjamin



3. Rentang penilaian *green construction:* digunakan untuk membuat himpunan *output* sistem penilaian pada level aspek berdasarkan preferensi terhadap *green construction.* Aspek terdiri atas 5 kategori penilaian, jumlahnya lebih banyak dari kategori faktor karena aspek memiliki tingkatan yang lebih tinggi sehingga cakupannya lebih luas dan lebih abstrak, maka untuk mendapatkan penilaian yang lebih detail digunakan kategori penilaian yang lebih banyak. Contoh:
   Nilai *Green Construction*
   Menurut saudara, apabila diminta untuk menilai seberapa hijau suatu proses konstruksi dalam 5 kategori penilaian, berapa masing-masing rentang nilainya?

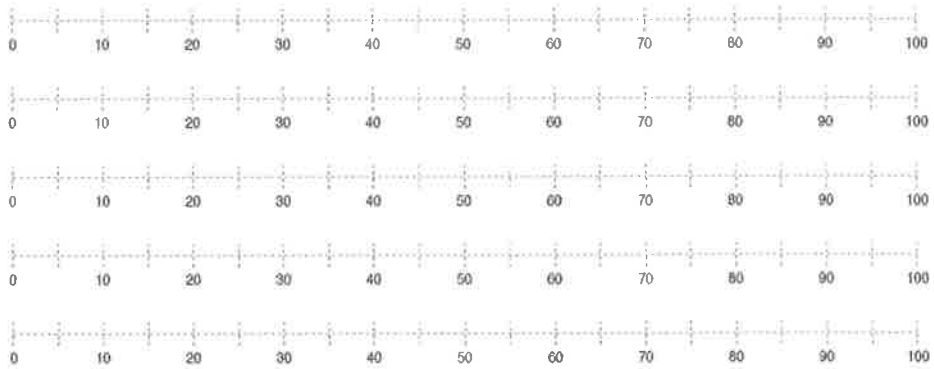
Sangat tidak hijau

Tidak hijau

Cukup hijau

Hijau

Sangat hijau



   Rentang penilaian ini akan sama untuk seluruh aspek yang ada karena aspek merupakan sudut pandang dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi yang dapat direfleksikan dari faktor yang terdapat dalam aspek tersebut, sehingga kita dapat menilai aspek langsung berdasarkan preferensi terhadap konstruksi secara keseluruhan, bukan berdasarkan aspek itu saja.

Data diperoleh menggunakan kuesioner yang diajukan kepada praktisi dan akademisi. Responden praktisi yang diharapkan dalam penelitian ini setidaknya adalah *Quality Health Safety Environment,* atau *Quality Control* yang dianggap benar-benar sudah mengerti bagaimana standar konstruksi perusahaan sehingga mampu menjawab pertanyaan pada kuesioner dan dapat menjadi representasi dari perusahaan. Responden akademisi yang diharapkan adalah yang mengerti/memahami *green construction.* Responden dalam penelitian ini terdiri atas 14 praktisi konstruksi dan 9 akademisi. Tipe kuesioner yang digunakan tertutup, langsung dan dalam bentuk skala *fuzzy.*

5. PENGOLAHAN DATA DAN PEMROGRAMAN

Pembuatan Himpunan *Input* dan *Output*

Data yang dikumpulkan dari kuesioner kemudian diolah menggunakan Microsoft Excel untuk membuat parameter himpunan input dan *output* dalam program MATLAB. Himpunan input dibuat berdasarkan data rentang penilaian faktor yang didapatkan dari kuesioner, sementara himpunan *output* dibuat berdasarkan data rentang penilaian *green construction* dari kuesioner. Kedua himpunan akan dibuat dengan proses yang sama. Berikut adalah contoh langkah perhitungan yang dilakukan dalam mengolah data kuesioner untuk rentang penilaian faktor:

1. Pemeriksaan batas tepi rentang penilaian dan celah antar kategori penilaian dari data kuesioner yang didapatkan. Batas tepi rentang penilaian diberikan tanda "bahu" apabila nilai batas bawahnya > 0 dan nilai batas atasnya < 100. Batas antar kategori penilaian diberikan tanda "GAP" apabila:
   batas atas kategori buruk < batas bawah kategori cukup, atau
   batas atas kategori cukup < batas bawah kategori baik
2. Data pemeriksaan rentang penilaian dikumpulkan untuk setiap responden. Menganggap bahwa rentang penilaian yang memiliki celah antar kategori > 50% dari seluruh rentang penilaian faktor dan aspek (8 dari 15 rentang penilaian) yang diberikan responden dinyatakan tidak valid, maka data dari responden tersebut diseleksi.

3. Mengasumsikan bahwa setiap responden memiliki tingkat kepentingan yang sama, maka untuk mencari nilai batas bawah, batas atas dan batas tengah suatu himpunan kategori dapat dilakukan dengan merata-ratakan langsung data hasil kuesioner yang sudah diperoleh. Perhitungan dilakukan untuk setiap faktor yang ada.
4. Dilakukan pengecekan batas tepi dari data penilaian setiap faktor yang sudah dirata-ratakan. Parameter faktor yang tepinya tidak bernilai 0 dan 100 akan ditinjau ulang, apabila celah nilai pada batas tepi <=3, maka data tersebut akan langsung diasumsikan memiliki tepi yang tidak bercelah (nilainya diganti dengan 0 atau 100). Himpunan penilaian ini kemudian akan dimasukkan sebagai parameter dalam program MATLAB.

Penetapan Aturan Dasar

Dalam program MATLAB yang akan dibuat, peneliti harus membuat aturan penilaian sendiri untuk memproses data yang ada. Aturan yang dibuat berguna untuk menentukan himpunan *output* yang dipilih berdasarkan himpunan *input* yang ada. Penyusunan aturan menggunakan perhitungan matematik berdasarkan bobot AHP yang dikembangkan pada model Ervianto. Berikut adalah Langkah yang dilakukan dalam penyusunan aturan dasar:

1. Mengasumsikan kelas dan interval kelas yang digunakan dalam *input* dan *output*. Jumlah kelas ditentukan berdasarkan jumlah kategori penilaian yang ada. *Input* terdiri atas 3 kategori penilaian, maka diasumsikan terdapat 3 kelas dengan interval kelas bernilai 1.

Tabel 1. Interval Kelas *Input* dan *Output*

Kategori Input	Interval
Baik	2 - 3
Cukup	1 - 2
Buruk	0 - 1

Kategori Output	Interval
Sangat Buruk	0 - 1
Buruk	1.01 - 2
Cukup	2.01 - 3
Baik	3.01 - 4
Sangat Baik	4.01 - 5

2. Pengambilan keputusan dalam aturan dasar menggunakan perhitungan dengan bobot AHP. Nilai *output* yang digunakan untuk menentukan kategori penilaian dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$output = [(input\ 1 \times Bobot) + \ldots + (input\ ke - n \times Bobot)] \times \frac{5}{3} \quad (1)$$

Contoh pengambilan keputusan dalam aturan dasar Aspek 2:

a. Faktor 3: bobot 0.46, *input* = baik (2.5)
b. Faktor 4: bobot 0.23, *input* = baik (2.5)
c. Faktor 5: bobot 0.31, *input* = cukup (1.5)
d. Pengambilan keputusan:

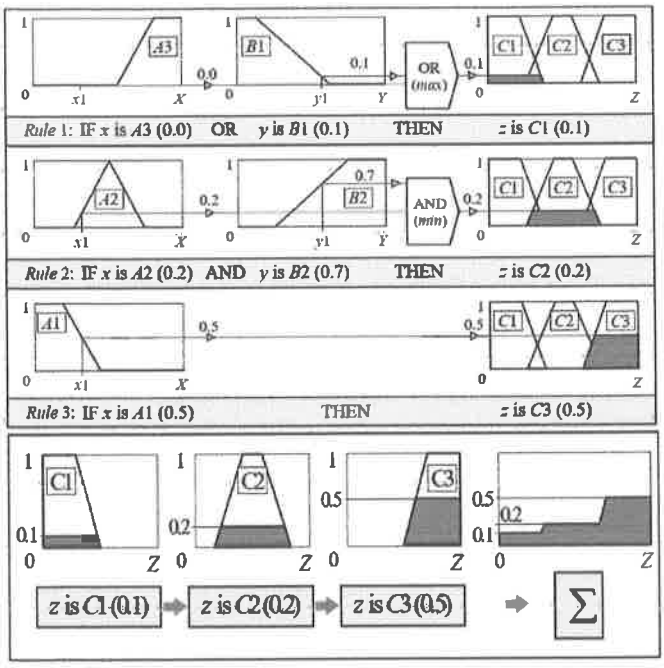
$$output = [(2.5 \times 0.46) + (2.5 \times 0.23) + (1.5 \times 0.31)] \times \frac{5}{3} = 3.65(baik)$$

e. Sehingga, aturan yang dibuat adalah:
IF Faktor 3 = baik, AND Faktor 4 = baik, AND Faktor 5 = cukup, THEN Aspek 2 = baik

Pemrograman MATLAB

Pada penelitian ini akan dibuat suatu program penilaian *green construction* dengan konsep *fuzzy* menggunakan *software* MATLAB. Prosedur pemrograman terdiri atas dua bagian utama, yaitu:

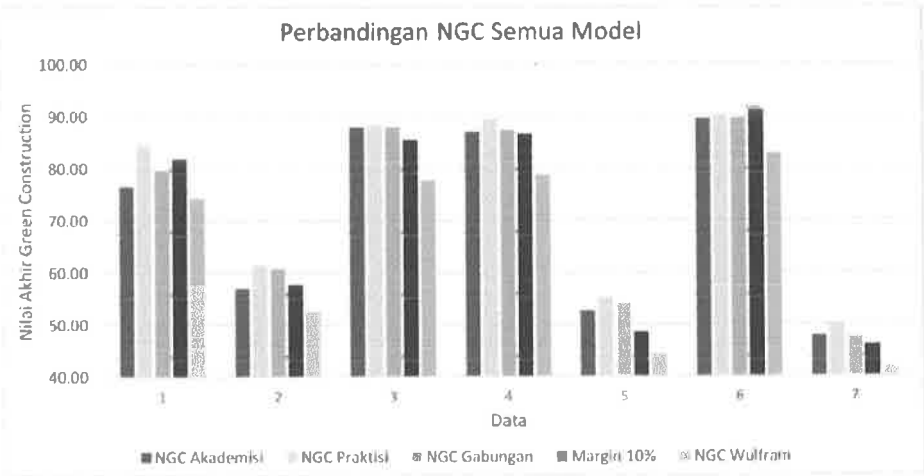
1. Pembuatan program utama
2. Pembuatan *fuzzy inference system* (FIS)
FIS dibuat menggunakan *Fuzzy Logic Toolbox* pada MATLAB yang akan muncul dengan memasukkan *command "fuzzy"* pada *command window*. FIS yang digunakan adalah metode Mamdani. FIS terdiri atas 3 bagian yaitu input, output dan *rules*. Bagian input dan output dibuat dengan memasukkan parameter himpunan yang telah didapatkan dalam tahap pengolahan data ke dalam MATLAB. Aturan dasar dibuat dengan memasukkan aturan yang sudah didefinisikan, yang sudah dihitung secara matematis pada tahap sebelumnya, ke dalam MATLAB. Dalam penelitian ini digunakan metode *defuzzifikasi* centroid untuk menghasilkan keluaran sistem *fuzzy*.



Gambar 6. Evaluasi Rule dan Komposisi Metode Mamdani (Zakariah, 2017)

6. UJI COBA DAN HASIL MODEL PENILAIAN

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, model *fuzzy* dibuat berdasarkan tahapan yang ada dengan data dari kelompok akademisi dan praktisi konstruksi. Untuk melihat pengaruh preferensi kedua kelompok tersebut maka dibuat 3 model yang berbeda, yaitu model akademisi, model praktisi serta model gabungan (praktisi dan akademisi). Dilakukan uji coba pada masing-masing model dengan menggunakan masukkan seluruh data uji coba dari Lampiran 43 penelitian sebelumnya (model Ervianto) kemudian hasil NGC yang diperoleh model *fuzzy* dibandingkan dengan NGC model Ervianto. Data masukkan uji coba diperoleh dari 7 responden perusahaan kontraktor, lebih spesifik pihak yang terkait langsung dengan pelaksanaan di proyek konstruksi gedung baru, yang menilai proyek yang berbeda. Data ini bersifat biner pada level indikator, sehingga sebelum digunakan dalam model *fuzzy*, data harus diolah terlebih dahulu menjadi nilai faktor dan di konversi dalam rentang 0-100. Gambar 7 adalah hasil Nilai *Green Construction* untuk semua model dari 7 data uji coba.



Gambar 7. Perbandingan Nilai *Green Construction* Semua Model

Dengan menganggap bahwa hasil nilai *green construction* (NGC) yang diperoleh dari model Ervianto merupakan nilai yang benar, dibuat syarat validitas model *fuzzy* sebagai berikut:

$$\left| NGC_{fuzzy} - NGC_{Ervianto} \right| < 10\% \, NGC_{Ervianto} \quad (2)$$

Apabila syarat tersebut terpenuhi, maka NGC model *fuzzy* dianggap valid. Margin 10% digunakan dengan menganggap bahwa error yang mungkin terjadi dan masih bisa diterima adalah sebesar 10%. Margin 10% di dalam Gambar 7 merupakan nilai NGC Ervianto ditambah 10% margin, yang berarti batas nilai maksimal model *fuzzy* untuk bisa dianggap valid.

Berdasarkan Gambar 7, dapat disimpulkan bahwa nilai *green construction* yang dihasilkan dengan model *fuzzy* cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan model Ervianto dengan rata-rata selisih NGC keseluruhan 11% untuk model akademisi, 16% untuk model praktisi dan 13% untuk model gabungan. Selisih NGC kedua model tidak bergantung kepada aspek atau faktor tertentu karena digunakan masukkan yang sama. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, masukkan tersebut berasal dari data uji coba model Ervianto di level indikator, kemudian nilai faktor yang dihasilkan pada model tersebut dimasukkan pada model *fuzzy* agar nilai akhir *green construction* yang dihasilkan kedua model dapat dibandingkan.

Dari seluruh uji coba yang dilakukan, dapat dilihat pula hasil uji validitasnya dengan membandingkan nilai margin 10%. Didapatkan hasil bahwa model yang dikembangkan berdasarkan preferensi penilaian dari akademisi memiliki jumlah data NGC valid paling banyak yaitu 3 dari 7 data uji coba, sedangkan praktisi hanya menghasilkan 1 data valid dan model gabungan hanya menghasilkan 2 data valid. Data ini menunjukkan bahwa model yang dikembangkan dari preferensi penilaian akademisi memiliki kesesuaian yang cukup tinggi dengan model Ervianto. Hal ini dapat diterima karena bobot AHP yang memiliki pengaruh tinggi pada model Ervianto dikembangkan berdasarkan pendapat dari pakar *green construction*.

Model *fuzzy* mencoba untuk menerjemahkan pembobotan yang digunakan dalam model Ervianto ke dalam logika *fuzzy* yang berbasis preferensi. Hal tersebut dilakukan dalam proses pembuatan FIS, khususnya bagian aturan dasar. Bagian input dan output dibuat berdasarkan preferensi akademisi dan praktisi, namun bagian aturan dasar dibuat dengan membuat perhitungan matematis dari bobot AHP model Ervianto dan diterjemahkan ke dalam *linguistic value*, sebagaimana dijelaskan pada subbab menentukan aturan dasar. Ketidaksesuaian hasil dari model *fuzzy* dengan model Ervianto disebabkan oleh penggunaan aturan dasar yang belum tepat. Aturan dasar yang merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam menghasilkan output dari model *fuzzy* ini mungkin belum bisa menggambarkan bagaimana bagian-bagian model Ervianto diprioritaskan dengan bobot AHP sehingga tidak tercipta preferensi penilaian yang selaras dengan model tersebut. Untuk itu dibutuhkan kajian lebih lanjut dalam menentukan aturan dasar yang digunakan.

Berikut adalah hasil analisis penelitian mengenai perbandingan model *fuzzy* dengan model Ervianto.

Tabel 2. Perbandingan Model Penilaian

		Model Ervianto	Model Fuzzy GC
Input	Input berupa angka biner pada level indikator		Input berupa angka 0-100 pada level faktor
Pembuatan Model	1	Menyusun hierarki dari sistem penilaian	Menyusun hierarki sistem penilaian
	2	Penentuan prioritas	Penyusunan kuesioner dan pengambilan data
	3	Cek konsistensi dengan CI dan CR	Penentuan parameter himpunan kategori dari hasil kuesioner
	4	Pembuatan program excel	Pembuatan program MATLAB
Proses	1	Input angka biner pada seluruh indikator dengan program excel	Input angka 0-100 pada seluruh faktor dengan MATLAB
	2	Menghitung nilai faktor, dengan menjumlahkan input indikator yang sudah dikalikan dengan bobot	Fuzzifikasi (mengubah input menjadi fungsi keanggotaan)
	3	Menghitung nilai aspek, menjumlahkan nilai faktor yang sudah dikalikan dengan bobot	Inferensi (melakukan penalaran menggunakan input dan aturan dasar)
	4	Menghitung nilai *Green construction*, menjumlahkan seluruh nilai aspek yang sudah dikalikan dengan bobot	Komposisi/agregasi (menyatukan semua hasil evaluasi)
	5		Defuzzifikasi (mengubah hasil komposisi menjadi nilai tegas)
Output	Nilai *Green Construction* dengan rentang 0-21.92		Nilai *Green Construction* dengan rentang 0-100 dan kategori *green*
	1	Bobot yang diberikan oleh para ahli	Penetapan aturan dasar yang digunakan

Faktor yang paling berpengaruh	2		Preferensi responden dalam menentukan parameter fungsi himpunan setiap kategori
	3		Metode FIS, metode komposisi, serta metode defuzzifikasi yang digunakan
	4		Fungsi himpunan yang digunakan

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari rangkaian uji coba terhadap 7 data, model *fuzzy green construction* dapat diterima dengan baik sebagai ekstensi dari model Ervianto. Secara umum nilai *green construction* yang diperoleh melalui pendekatan bilangan samar secara konsisten menunjukkan kecenderungan yang sama dengan yang diperoleh melalui penilaian biasa dari model Ervianto, yakni relatif lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa secara relatif tidak dijumpai perbedaan subjektivitas yang berarti dalam proses penilaian biasa dibanding penilaian dengan cara samar. Secara lebih rinci, model dengan data akademisi menunjukkan kecenderungan nilai yang lebih sesuai dengan model Ervianto, dengan hasil 3 NGC dari 7 data uji coba memiliki selisih < 10%, sementara rata-rata selisih NGC secara keseluruhan mencapai 11%. Hal ini terjadi karena model Ervianto banyak didominasi responden dari kalangan akademisi.

Perbedaan output antara model Ervianto dengan model *fuzzy green construction* dikarenakan perbedaan pada mekanisme perhitungan yang digunakan. Model Ervianto melakukan pembobotan level sesuai prioritas kepentingan dan menggunakan perhitungan matematis berbasis AHP untuk memproses penilaian *green construction*. Sementara model *fuzzy green construction* mencoba untuk menerjemahkan pembobotan yang ada dalam model Ervianto ke dalam logika *fuzzy* yang berbasis preferensi. Hal ini dilakukan saat mendefinisikan aturan dasar pada FIS, dengan membuat perhitungan matematis dari bobot AHP model Ervianto, kemudian diterjemahkan ke dalam *linguistic value*, sebagaimana dijelaskan pada subbab menentukan aturan dasar. Aturan dasar yang merupakan faktor paling berpengaruh dalam menghasilkan output dari model *fuzzy* ini mungkin belum bisa menggambarkan bagaimana bagian-bagian model Ervianto diprioritaskan dengan bobot AHP sehingga tidak tercipta preferensi penilaian yang selaras dengan model tersebut. Untuk itu dibutuhkan kajian lebih lanjut dalam menentukan aturan dasar yang digunakan. Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil analisis pada penelitian ini adalah model Ervianto dapat dikembangkan dengan model *fuzzy* untuk mengakomodasi penilaian subjektif apabila digunakan aturan dasar yang sesuai.

Saran

Penelitian ini sudah berhasil membuktikan adanya potensi pengembangan model dengan konsep *fuzzy*. Hal ini dapat digunakan sebagai dasar pengembangan model lanjutan yang lebih maju dan menyeluruh, sehingga dapat lebih baik dalam mengatasi masalah subjektivitas penilaian manusia yang diyakini lebih nyaman dengan menggunakan bahasa sehari-hari (*linguistic values*). Model ini juga dapat menjadi dasar pembuatan algoritma suatu program dengan *interface* yang lebih *user friendly* agar dapat dengan mudah digunakan oleh berbagai pihak.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, F., & Capretz, L. F. (2006). A Decision Support Tool for Assessing the Maturity of the Software Product Line Process. *International Journal of Computing & Information Sciences*, 97-115.

Chang, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. pp. 649-655.

Ervianto, W. (2015). *Pengembangan Model Assessment Green Construction pada Proses Konstruksi untuk Proyek Gedung di Indonesia.* Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Hesketh, T., & Hesketh, B. (1994). Computerized fuzzy ratings: The concept of a fuzzy class. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 272-277.

Hsu, Y. L., Lee, C. H., & Kreng, V. (Elsevier). The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. *Expert Systems with Applications*, 419-425.

Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Saaty, T. L. (1985). *Analytical Planning : The Organization of System.* Oxford: Pergamon Press.

Saaty, T. L. (1993). *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks.* Jakarta: Pustaka Biraman Pressindo.

Thomas E. Glavinich, D. P. (2008). *Contractor's Guide to Green Building Construction.* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Wang, L. X. (1997). *A Course in Fuzzy Systems and Control International Edition.*

Zakariah, Masduki. (2017). *Handout Perkuliahan Logika Fuzzy.* Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.