

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY LOW COST HOUSING DEVELOPMENT THROUGH GREEN CONSTRUCTION OPTIMIZATION

Hairul Sitepu¹

Hari Nugraha Nurjaman²

¹ Ministry of Housing, Raden Patah 1 Jakarta, sitepujkt@yahoo.com

² Persada Indonesia University, Salemba 10 Jakarta, hari_nurjaman37@yahoo.com

ABSTRACT

The vertical storeyed houses policy has been an important policy since the growth of population and the scarcity of the landed houses in the city. Vertical houses for middle-up class people are known as Rumah Susun Sederhana Milik (Rusunami) or Simple Storey Owned Houses while vertical houses for lower income class people are called Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) or Simple Storey Leased Dwellings. Rusunawa development utilizes a lot of natural resources as the construction materials which impact to damage to nature. The purpose of this research is to identify the key factors in the building and developing of environmentally friendly (green) Rusunawas and to obtain alternatives for the optimum construction accomplishment of Rusunawas. A Rusunawa building is built of concrete. There are 3 alternatives in the construction it, the conventional, semi precast, and precast way. This research starts with the calculation of using of low energy footprint building materials for each alternative continued with the analysis of the environmental impact in utilizing natural resources that are produced, utilized and recycled. The tool that is used to analyze is Life Cycle Assessment (LCA). The result of the single score of the conventional LCA shows that iron is the largest impacting element (8,19 kPt), followed by cement (4,55 kPt). LCA semi precast, shows that cement is the largest impacting element (4,7 kPt), followed by iron (3,59 kPt) while LCA precast shows concrete iron is the largest contributor of impact (6,81 kPt), followed by cement (3,82 kPt). From all of the 3 alternatives show that water is part of the building material that has the smallest/minimum impact ($3,93 \times 10^{-7}$ kPt). Almost all of the elements potentially result in 3 dominant impact categories, (1) chronic content of poison in water environment; (2) acute content of poison in water environment and (3) chronic content of poison in land environment. The total impact of the environment in using building materials in conventional construction is 18,6 kPt and could be reduced to 13,8 kPt by using precast and is able to be reduced more to 13,0 kPt by using semi precast.

PENDAHULUAN

Pertambahan penduduk perkotaan di Indonesia sangat pesat. Pada 1980 jumlah penduduk perkotaan baru mencapai 32,8 juta jiwa atau 22,3%. Pada tahun 1990 meningkat menjadi 55,4 juta jiwa atau 30,9%, dan menjadi 90 juta jiwa atau 44% pada tahun 2002. Hasil sensus tahun 2010 menunjukkan jumlah penduduk Indonesia 237,7 juta jiwa, dengan jumlah penduduk perkotaan 54 %. Angka tersebut diperkirakan akan mencapai 68% pada tahun 2025 (BPS, 2010).

Dalam rangka meningkatkan kualitas lingkungan hidup manusianya, pemerintah telah melakukan peremajaan kota sebagai upaya penataan kembali bagian kawasan kota dengan cara mengganti sebagian, atau seluruh unsur-unsur lama. Salah satu bentuk penggantian tersebut dengan mengganti permukiman horizontal menjadi vertikal, yang dikenal dengan nama Rusunawa (rumah susun sederhana sewa) atau Rusunami (rumah susun sederhana milik). Mengingat diperkotaan cukup banyak masyarakat yang berpenghasilan rendah, maka Rusunawa diduga lebih diminati dibanding rusunami. Oleh karenanya pemerintah berupaya membangun rusunawa dengan jumlah yang lebih banyak. Dalam 5 tahun kedepan, pemerintah merencanakan pembangunan Rusunawa dalam 5 tahun kedepan sebanyak 650 *twin block* atau TB yakni 2010 sebanyak 170 TB; 2011 sebanyak 170 TB; 2012 sebanyak 170 TB; 2013 sebanyak 70 TB dan 2014 sebanyak 70 TB) yang selutuhnya akan menggunakan konstruksi beton. Pada konstruksi beton akan banyak sumberdaya alam yang dimanfaatkan. Hal ini tidak sejalan dengan rencana pemerintah untuk menurunkan emisi sebesar 26 % dan menurunkan kerusakan sumberdaya alam. Oleh karena itu maka perlu dicarikan konstruksi yang lebih sedikit menggunakan sumberdaya alam, sehingga menjadi lebih ramah lingkungan. Namun demikian kajian ke arah hal tersebut masih sangat minim. Oleh karena itu maka pada tahap awal diperlukan penelaahan tentang pengembangan Rusunawa yang ramah lingkungan, khususnya dalam pelaksanaan konstruksi.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi jenis – jenis bahan bangunan utama yang ramah lingkungan dalam beberapa alternatif pelaksanaan konstruksi pengembangan Rusunawa, mendapatkan alternatif pelaksanaan konstruksi pembangunan Rusunawa yang ramah lingkungan, mengidentifikasi aktor dan kendala dalam pelaksanaan pengembangan Rusunawa, serta mendesain kebijakan pembangunan Rusunawa yang ramah lingkungan melalui optimasi pelaksanaan konstruksi hijau (*green construction*).

Adapun kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar-1.

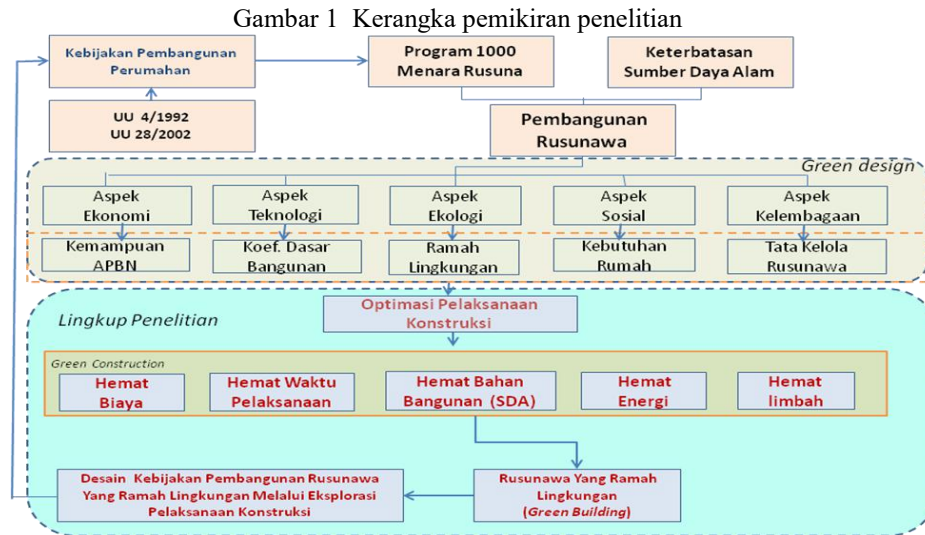


Fig. 1: Kerangka Pemikiran Penelitian

METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di kawasan pembangunan Rusunawa Kota Batam mulai Mei 2010 sampai Maret 2011. Pertimbangan terhadap pemilihan lokasi penelitian ini diantaranya adalah : (i) Sebagai kota yang cepat tumbuh di Indonesia ; (ii) Tingkat kepadatan dan pertumbuhan penduduknya tinggi; (iii) Rusunawa sedang banyak dikembangkan saat ini; (iv) Pusat kegiatan nasional yang berbatasan langsung dengan Singapura. Adapun tahapan penelitian yang akan dilaksanakan sebagaimana Gambar 2.

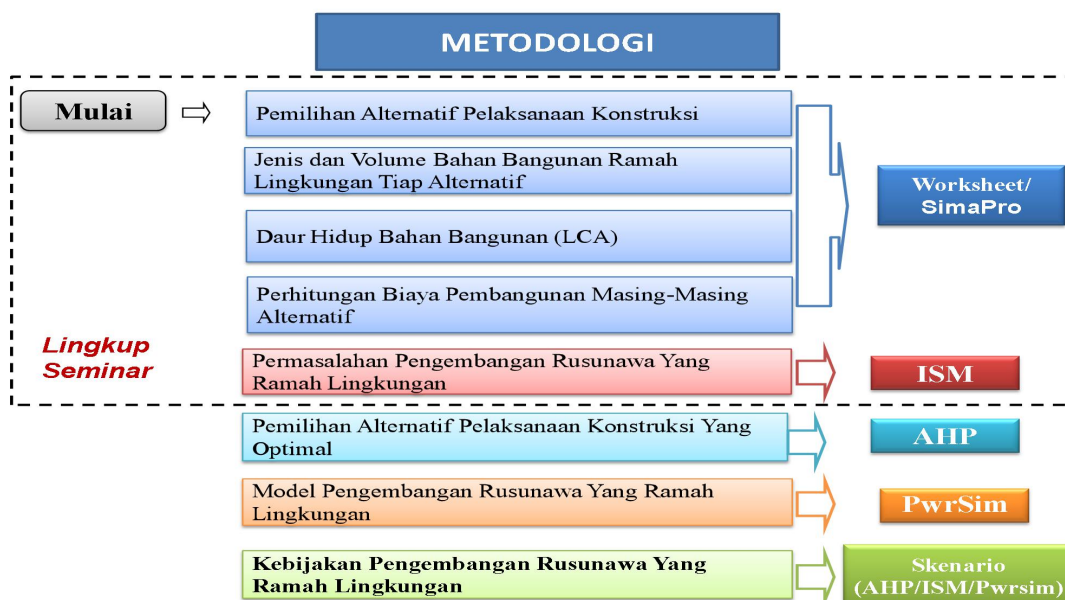


Fig. 2: Tahapan Rencana Penelitian

Penelitian bahan bangunan yang ramah lingkungan dilakukan dengan metode LCA (*life cycle analysis*) melalui *software* Simapro 5.0 untuk menganalisis aspek lingkungan yang berhubungan dengan suatu produk dan siklus hidupnya, mulai diambil dari alam, diproduksi, dipergunakan, dipelihara sampai dibongkar dan kembali ke alam. *Software* ini mengkalkulasi input seperti kuantitas bahan baku suatu proses industri dan menghasilkan output agar kita bisa melakukan perbaikan proses dan dampak yang lebih aman ke lingkungan (Goedkoop and Oele, 2001).

Selain itu, teknik yang digunakan adalah *interpretative structural modelling (ISM)* untuk keperluan pengkajian elemen pelaku dan kendala pengembangan rusunawa ramah lingkungan tersebut. Teknik ini menganalisis elemen sistem dan menyajikannya dalam bentuk grafik setiap hubungan langsung dari elemen sistem dan hierarkinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Baku Rusunawa

Pembangunan rusunawa membutuhkan banyak sumberdaya alam sebagai bahan baku konstruksi. Pemanfaatan sumberdaya tersebut dapat berdampak terhadap kerusakan alam. Bangunan Rusunawa terbuat dari konstruksi beton, yang dalam pengerjaannya dapat dilakukan melalui 3 alternatif pelaksanaan konstruksi, yaitu secara konvensional, semi pracetak dan pracetak. Bahan bangunan utama yang digunakan beserta kebutuhan masing-masing pada setiap jenis pelaksanaan konstruksi dapat dilihat pada Tabel 1. .

Table 1: Kebutuhan Bahan Bangunan Masing-masing Alternatif

No	Komponen Utama	Konvensional	Semi Pracetak	Pracetak
1	Semen	488 ton	499 ton	617 ton
2	Pasir	3.483 m ³	3.354 m ³	687 m ³
3	Batu pecah	339 m ³	398 m ³	642 m ³
4	Besi tulangan beton	180 ton	77 ton	122 ton
5	Cetakan	kayu 41 m³	baja 7,9 ton	baja 9,2 ton
6	Perancah	kayu 562 m³	baja 7,8 ton	baja 7,8 ton
7	Bata merah	413.216 buah	413.216 buah	-
8	Tenaga terampil	20 org	30 org	40 org
9	Tenaga tdk terampil	80 org	45 org	15 Org
10	Biaya (Rp x 1 milyar)	13,657	11,500	11,434
11	Ketinggian bangunan /luas lantai	4 lt/4.600 m ²	4 lt/4.600 m ²	4 lt/4.600 m ²
12	Jangka waktu pelaksanaan (bln)	8	6	5

*) Teknologi Pracetak yang digunakan adalah JHS System

Pada Tabel.1 bahwa pemakaian besi tulangan beton pada semi pracetak berkurang secara signifikan, dari 180 ton pada konvensional menjadi 77 ton pada semi pracetak. Kondisi yang sama juga pada penggunaan kayu, baik sebagai perancah maupun sebagai cetakan sebanyak 603 m³, tidak diperlukan lagi pada semi pracetak dan pracetak. Selain penggunaan bahan bangunan lebih efisien, kelebihan lain dari penggunaan beton semi pracetak dan pracetak adalah dalam pembiayaan yang berkurang secara cukup signifikan dan kecepatan pelaksanaan pembangunan dari semula 8 bulan, menjadi hanya 5-6 bulan. Dilain pihak, penggunaan tenaga kerja secara total lebih sedikit dibandingkan beton konvensional, namun penggunaan tenaga kerja terampil lebih banyak di beton pra cetak (Sijabat & Nurjaman, 2007). Hal ini sesuai dengan pernyataan Gibb (1999) yang mengemukakan bahwa beberapa prinsip beton pracetak tersebut dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dibandingkan beton monolit terkait dengan pengurangan waktu dan biaya, peningkatan jaminan kualitas, *predicability*, *relocability*, dan sebagainya.

LCA Beton Konvensional

Hasil analisis skor tunggal (Gambar 3) menunjukkan bahwa besi beton merupakan elemen yang memberikan dampak paling besar (8,19 kPt), disusul oleh semen (4,55 kPt). Elemen yang memberikan dampak paling kecil adalah air untuk beton (3,93 x 10⁻⁷ kPt) dan penggunaan truk (1,66 x 10⁻⁵ kPt). Berdasarkan hasil pembobotan (Gambar 3b), hampir seluruh elemen berpotensi menimbulkan tiga dampak lingkungan dominan (*impact categories*), yaitu: (1) kandungan racun lingkungan perairan kronis (5,55 kPt); (2) kandungan racun lingkungan perairan akut (5,17 kPt); (3) kandungan racun lingkungan tanah kronis (4,13 kPt).

Kandungan racun lingkungan perairan kronis disebabkan oleh material-material mencemari badan air permukaan dalam jangka waktu yang lama. Apabila pencemaran tersebut tidak ditangani dengan serius dan benar dampaknya akan berlanjut ke pencemaran lingkungan perairan akut. Hal tersebut akan sangat berbahaya terhadap manusia dan organisme hidup lainnya yang akan memanfaatkan perairan tersebut. Hasil pembobotan (Gambar 4) menunjukkan bahwa hampir seluruh elemen berpotensi menimbulkan tiga dampak lingkungan dominan, yaitu: (1) kandungan racun lingkungan perairan kronis (5,56 kPt); (2) kandungan racun lingkungan perairan akut (5,17 kPt); (3) kandungan racun lingkungan tanah kronis (1,56 kPt)

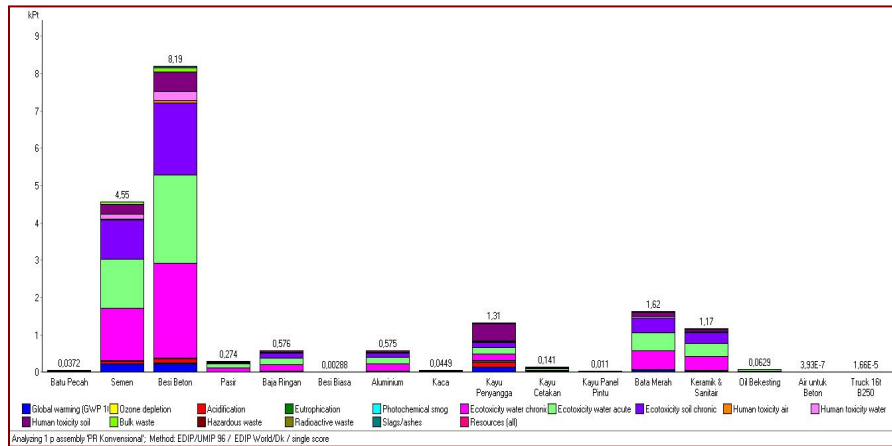


Fig. 3: Hasil Single Score Beton Konvensional

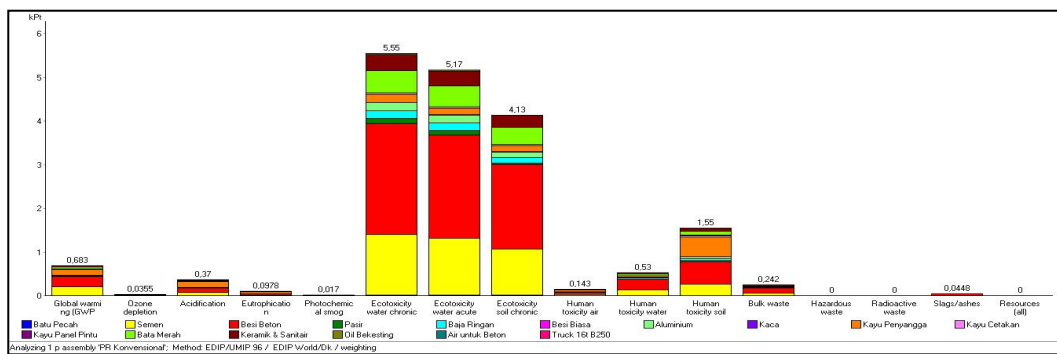
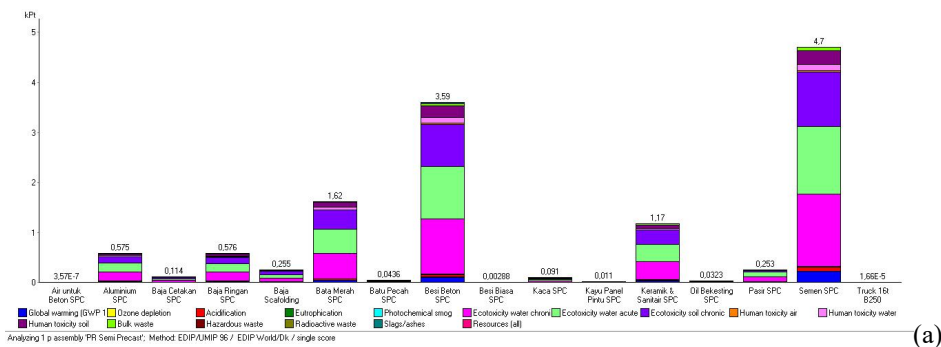


Fig. 4: Hasil Pembobotan Beton Konvensional

LCA Beton Semi Pracetak (Semi PC)

Hasil analisis skor tunggal penggunaan beton semi pracetak (Gambar 5a) menunjukkan bahwa semen merupakan elemen yang bisa memberikan dampak paling besar (4,7 kPt), disusul oleh besi beton (3,59 kPt). Selain hal tersebut, kontributor proses yang memberikan dampak paling kecil adalah air untuk beton ($3,57 \times 10^{-7}$ kPt) dan penggunaan truk ($1,66 \times 10^{-5}$ kPt). Hasil pembobotan (Gambar 5b) menunjukkan hampir seluruh elemen berpotensi menimbulkan tiga dampak lingkungan dominan, yaitu: (1) kandungan racun lingkungan perairan kronis (4,06 kPt); (2) kandungan racun lingkungan perairan akut (3,79 kPt); (3) kandungan racun lingkungan tanah kronis (3,00 kPt).



(a)

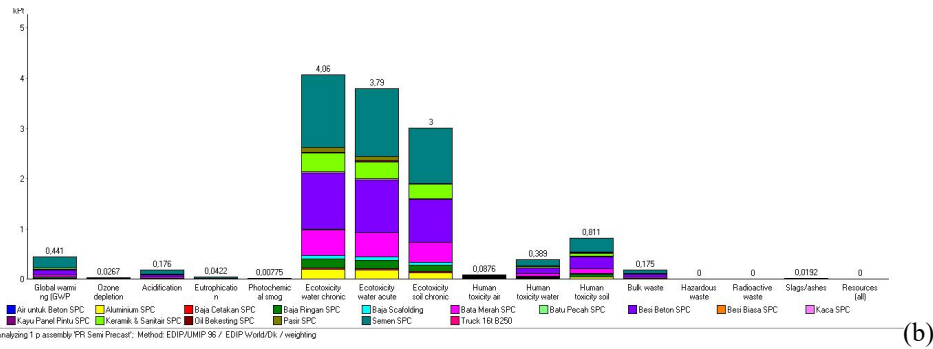


Fig. 5: Hasil Analisis (a) Single Score (b) Pembobotan Beton Semi-Pracetak

LCA Beton Pracetak (PC)

Hal yang membedakan material yang digunakan dalam pembuatan rusunawa menggunakan beton pracetak dengan semi pracetak adalah pengurangan penggunaan bahan baku bagi pembuatan dinding dan plesterannya, seperti semen, pasir dan bata merah. Pengurangan bahan baku dinding ini disubstitusikan seluruhnya oleh beton pracetak, sehingga dampak lingkungan akibat pemanfaatan bata merah berkurang secara signifikan, tetapi di sisi lain meningkatkan volume penggunaan beton pracetak. Seperti halnya dalam penggunaan beton konvensional dan beton semi pracetak, besi beton dan semen merupakan kontributor proses terbesar yang berdampak terhadap lingkungan. Bahkan dampak lingkungannya relatif lebih tinggi, karena peningkatan volume penggunaan semen dan besi sebagai bahan pokok penyusun beton pracetak.

Hasil analisis skor tunggal (Gambar 6a) menunjukkan besi beton merupakan kontributor proses yang bisa memberikan dampak paling besar (6,81 kPt), disusul oleh semen (3,82 kPt). Sementara elemen yang memberikan dampak paling kecil adalah air untuk beton ($5,75 \times 10^{-7}$ kPt) dan penggunaan truk ($1,12 \times 10^{-5}$ kPt). Seperti pada penggunaan beton konvensional dan beton semi pracetak, hampir seluruh elemen berpotensi menimbulkan tiga dampak lingkungan dominan (Gambar 6b), yaitu: (1) kandungan racun lingkungan perairan kronis (4,19 kPt); (2) kandungan racun lingkungan perairan akut (3,91 kPt); (3) kandungan racun lingkungan tanah kronis (3,06 kPt).

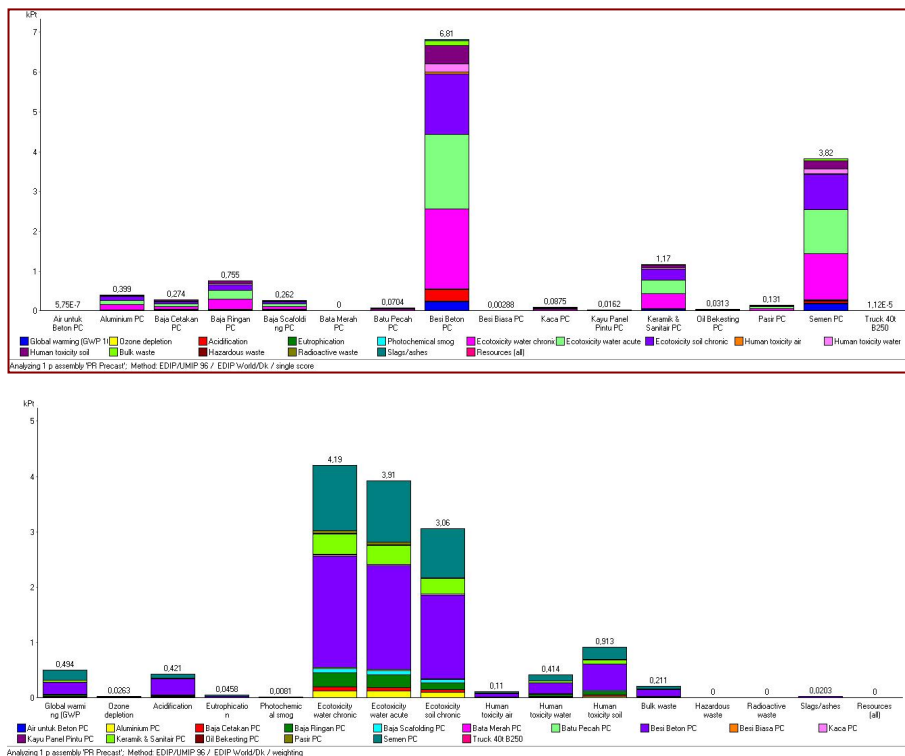


Fig. 6: Hasil Analisis (a) Single Score (b) Pembobotan Beton Pracetak

Perbandingan Alternatif LCA

Perbandingan alternatif berdasarkan analisis daur hidupnya (*LCA*) dilakukan terhadap tiga pilihan, yaitu pembangunan rusunawa menggunakan beton konvensional, beton semi pracetak, dan beton pracetak penuh. Hasil skor tunggal secara agregat menunjukkan penggunaan beton semi pracetak memiliki kinerja sedikit lebih baik dibandingkan dengan penggunaan beton pracetak dalam hal dampak lingkungan yang ditimbulkan daur hidup kontributor prosesnya. Dampak lingkungan secara keseluruhan akibat daur hidup kontributor proses penggunaan beton konvensional sebesar 18,6 kPt. Hal ini bisa diturunkan menjadi hanya 13,8 kPt dengan penggunaan beton pracetak dan menjadi hanya 13,0 kPt dengan penggunaan beton semi pracetak. Sementara perbedaan kemampuan antara penggunaan beton pracetak dan beton semi pracetak 6% (0,8 kPt) dalam menurunkan dampak lingkungan (Gambar 7).

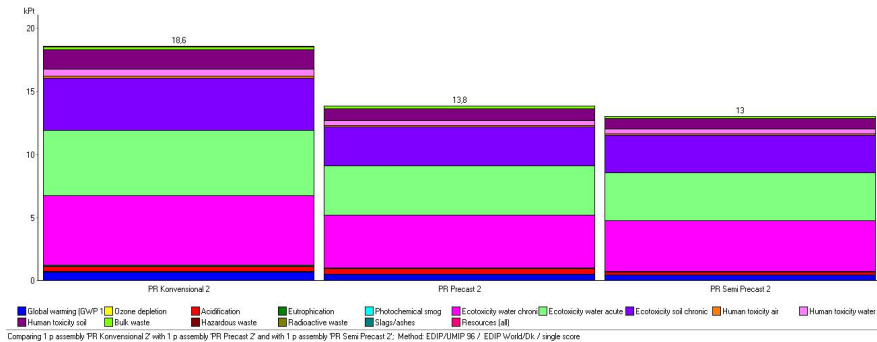


Fig. 7: Perbandingan hasil skor tunggal tiap alternatif

Bahan bangunan utama yang mempunyai dampak lingkungan terbesar adalah besi beton, semen, aluminium, bata merah, keramik dan sanitari, sebagaimana disajikan pada Tabel-2.

Table 2: Perbandingan Dampak Lingkungan Bahan Utama

Alternatif Pelaksanaan dan Bahan Bangunan Utama Potensi Pencemar	Katagori Dampak Lingkungan (Pt)			Energi (kWh)
	Racun perairan kronis	Racun perairan akut	Racun tanah kronis	
Konvensional:				1.253.774,7
-besi beton	$5,18 \times 10^8$	$4,95 \times 10^7$	$2,53 \times 10^7$	
-semen	$2,85 \times 10^8$		$1,39 \times 10^7$	
-aluminium		$3,68 \times 10^6$		
Semi Pracetak:				806.981,9
-semen	$2,94 \times 10^8$	$2,82 \times 10^7$	$1,43 \times 10^7$	
-besi beton	$2,27 \times 10^8$	-	$1,11 \times 10^7$	
-bata merah		$9,97 \times 10^6$		
Pracetak:				1.008.199,9
-besi beton	$4,11 \times 10^8$	$3,92 \times 10^7$		
-semen	$2,39 \times 10^8$	$2,29 \times 10^7$	$1,97 \times 10^7$	
-keramik & sanitari			$3,65 \times 10^6$	

Besi sebagai bahan baku pembuatan besi beton, merupakan kontributor proses yang memiliki dampak terbesar dalam pembangunan rusunawa terhadap lingkungan. Secara umum besi terbuat dari biji besi, batu bara dan *limestone*, lalu dicampur, diolah, dipanaskan dalam oven, lalu setelah melalui proses pendinginan dalam air, akan diperoleh batangan atau lembaran besi. Selanjutnya dilakukan proses *deform* sesuai kebutuhan, misalnya besi beton polos, ulir, kawat, pelat, balok, dan lain-lain sesuai kebutuhan. Semua proses mulai dari pengambilan di alam, proses produksi, perakitan, pemeliharaan sampai pembongkaran akan berdampak pada lingkungan, salah satu dampak yang akan muncul pencemaran pada perairan. Tanda-tanda terdapatnya pencemaran akibat besi di perairan adalah apabila terdapat suasana asam dalam kondisi aerob (Cole 1998). Pada perairan yang diperuntukkan bagi keperluan domestik, kadar besi yang berlebihan dapat mengakibatkan warna kemerahan pada porselin, bak mandi, pipa air dan pakaian. Kelarutan besi meningkat dengan menurunnya pH (Effendi, 2000).

Bahan lain yang memiliki dampak terbesar adalah semen. Secara umum semen terbuat dari batu kapur, tanah liat, pasir silika, pasir besi, *clicker dan gypsum*. Semua bahan baku ini dieksplorasi dari alam, sehingga mulai dari pengambilan di alam, pemilahan, pembersihan, pencampuran, pembakaran, penggilingan, penggunaan, pemeliharaan sampai pembongkaran akan mencemari lingkungan. Proses eksplorasi sumber daya alam berpotensi pencemaran lingkungan perairan dan tanah, sedangkan proses pembakaran akan berakibat pemanasan global dan pelepasan debu berakibat polusi udara. Bahan bangunan lain yang berpengaruh pada sitem pracetak adalah kayu yang dapat dihemat sebesar 603 m³.

Apabila rerata diameter pohon 1 m dan jarak pohon di hutan 25 m, maka akan dapat dihemat hutan seluas 1,25 ha untuk setiap bangunan Rusunawa, yang pada gilirannya akan dapat mempertahankan penyerapan CO₂. Pelaksanaan konstruksi dengan semi pracetak juga dapat menghemat penggunaan energi sebesar 446.792,8 KWH bila dibandingkan dengan konvensional. Berdasarkan beberapa hasil perbandingan diatas, sistem pelaksanaan semi pracetak merupakan yang paling ramah lingkungan. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap *stakeholder* dan permasalahan pengembangan rusunawa yang ramah lingkungan dengan *interpretive structural modelling* (ISM)..

Institusi Terkait Pembangunan Rusunawa Ramah Lingkungan

Hasil ISM (*interpretive structural modelling*) menunjukkan bahwa 5 kelompok sub-elemen institusi (pelaku) yang menempati 4 kuadran (Gambar 8a). Kelompok pertama terdiri dari (4) Kementerian Pekerjaan Umum dan (5) Kementerian Perumahan Rakyat, serta kelompok lain yang hanya terdiri dari (1) Pemerintah Pusat menempati kuadran IV (*independent*). Hal ini menunjukkan bahwa kedua kelompok ini memiliki kekuatan pendorong yang besar terhadap keberhasilan pengembangan rusunawa ramah lingkungan. Berdasarkan independensi dan daya pendorongnya (4) Kementerian Pekerjaan Umum dan (5) Kementerian Perumahan Rakyat sebagai sektor paling terkait (*key stakeholders*), masih memiliki daya pendorong yang lebih baik dibandingkan (1) Pemerintah Pusat. Kelompok lainnya menempati kuadran III (*linkage*) terdiri dari: (3) Pemerintah Kota Batam; (6) Dinas Pekerjaan Umum; (8) pelaku usaha; dan (10) praktisi sebagai penghubung.

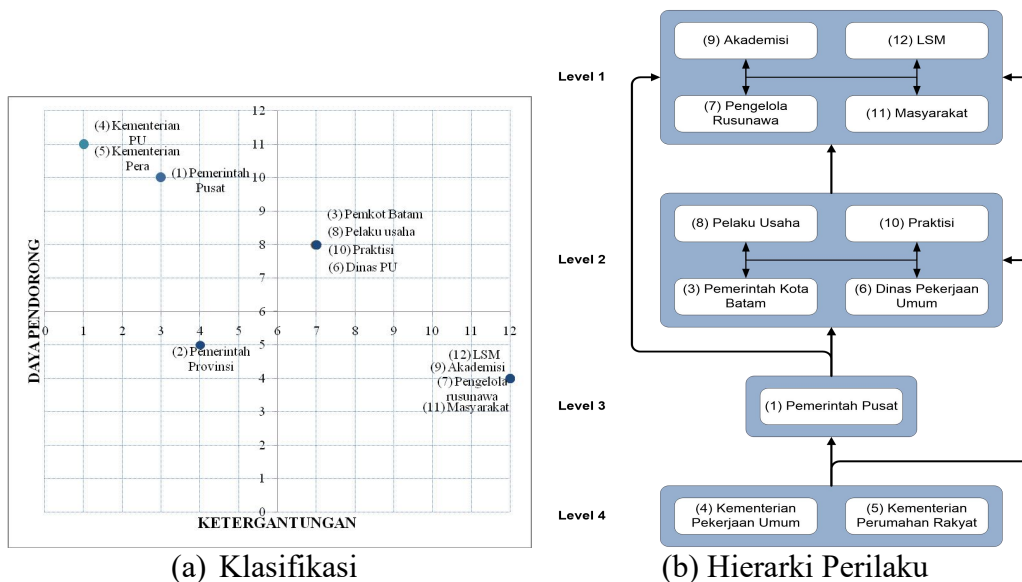


Fig. 8: (a) Klasifikasi dan (b) Level Hierarki dan Hubungan dalam elemen Pelaku

Kuadran II (*dependent*) ditempati oleh: (7) pengelola rusunawa; (9) akademisi; (11) masyarakat; (12) Lembaga Swadaya Masyarakat yang tidak memiliki kemampuan dan kapabilitas dalam mendorong keberhasilan pengembangan rusunawa ramah lingkungan, atau sesungguhnya mereka memiliki kemampuan dan kapabilitas, tetapi belum diberi atau berperan secara signifikan dalam pengembangan rusunawa ramah lingkungan ini. Selain itu sub-elemen (2) Pemerintah Provinsi yang menempati kuadran I (*autonomous*) yang tidak terlalu terkait dengan keberhasilan pengembangan rusunawa ramah lingkungan. Hubungan kontekstual dan level hierarki elemen pelaku pengembangan rusunawa ramah lingkungan disajikan pada Gambar 8b.

Kendala Utama Sistem Pengembangan Rusunawa Ramah Lingkungan

Hasil ISM menunjukkan 6 kelompok sub-elemen kendala utama (Gambar 9a) berdasarkan daya pendorong dan tingkat ketergantungan. Kelompok pertama terdiri dari 4 level tertinggi menempati kuadran IV (*independent*) terdiri dari: (1) kurangnya sosialisasi; (2) terbatasnya kualitas sumber daya manusia; (8) belum semua kontraktor paham; (4) lemahnya pengawasan; dan (11) keraguan masyarakat; (7) terbatasnya teknologi; (9) keterbatasan peralatan; dan (16) gagal konstruksi. Sub elemen (1) kurangnya sosialisasi menjadi elemen kunci yang menjadi pendorong semua sub-elemen di semua kelompok dalam mengatasi kendala utama yang ada. Dalam kuadran ini masih terdapat 3 kelompok lainnya yang didorong oleh elemen kunci, sekaligus mendorong kelompok sub-elemen pada tingkat berikutnya yang menempati kuadran III dan IV.

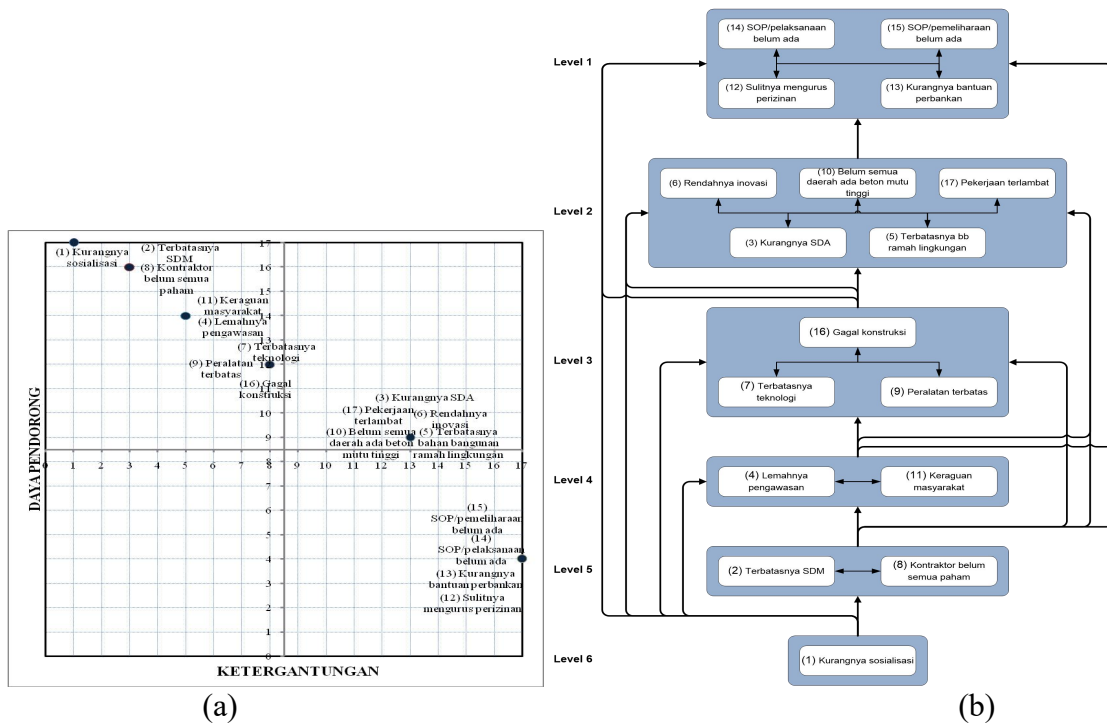


Fig. 9: (a) Klasifikasi dan (b) Level Hierarki dalam Hubungan Elemen Kendala Utama

Kelompok kedua menempati kuadran III (*linkage*) terdiri dari level 5, yaitu sub-elemen: (3) kurang tersedianya sumber daya alam; (5) terbatasnya bahan bangunan ramah lingkungan; (6) rendahnya inovasi; (10) belum semua daerah ada beton mutu tinggi; dan (17) pekerjaan terlambat, sebagai sub-elemen penghubung keberhasilan pengembangan rusunawa ramah lingkungan. Kelompok terakhir menempati kuadran II (*dependent*) yang juga merupakan level terendah (rangking terakhir), terdiri dari sub-elemen: (12) sulitnya mengurus perizinan; (13) kurangnya bantuan perbankan; (14) belum adanya *sop (standart operating procedure)* pelaksanaan; (15) belum adanya *sop* pemeliharaan. Sub-elemen dalam kelompok ini menjadi kendala terakhir yang harus dipecahkan dengan cara menyelesaikan kendala yang lebih esensial pada level di atasnya.

Semua kendala yang ada harus dipecahkan secara menyeluruh, karena setiap elemen saling berkait dan saling bergantung dan tidak ada yang masuk ke dalam kuadran I (*autonomous*) yang menunjukkan bahwa semua kendala utama yang ada memiliki keterkaitan satu sama lain. Hubungan kontekstual dan level hierarki elemen pelaku pengembangan rusunawa ramah lingkungan disajikan pada Gambar 9b.

Konsep Kebijakan Rusunawa Ramah Lingkungan

Hasil *LCA* dan *ISM* menjadi landasan penyusunan strategi kebijakan pengembangan rusunawa ramah lingkungan. Pelaku utama yang harus berperan dalam pengembangan rusunawa ramah lingkungan di Kota Batam adalah Kementerian Pekerjaan Umum dan Kementerian Perumahan Rakyat. Kedua institusi ini harus mendorong pengembangan rusunawa terutama melalui sosialisasi untuk meningkatkan kemampuan sdm dan pemahaman semua pihak. Selain itu, perlu dilakukan kebijakan yang bisa mendorong penerapan prioritas bagi konstruksi beton semi pracetak bagi keberhasilan pengembangan rusunawa ramah lingkungan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelaksanaan konstruksi dengan menggunakan beton semi pracetak dan pracetak mempunyai kelebihan dalam percepatan waktu pelaksanaan, biaya lebih murah dan penghematan penggunaan kayu dibanding konvensional, sedangkan semi pracetak adalah yang lebih ramah lingkungan. Kekurangan penggunaan beton semi pracetak adalah penggunaan tenaga kerja secara total lebih sedikit dibandingkan beton konvensional, namun penggunaan tenaga kerja terampil lebih banyak.. Besi beton dan semen merupakan kontributor proses yang bisa memberikan dampak paling besar, sementara air untuk beton dan penggunaan truk merupakan elemen dengan dampak terkecil. Hampir seluruh elemen bahan bangunan berpotensi menimbulkan tiga dampak lingkungan dominan, yaitu: (1) kandungan racun lingkungan perairan kronis; (2) kandungan racun lingkungan perairan akut; (3) kandungan racun lingkungan tanah kronis.

Berdasarkan kajian struktur sistem, maka Kementerian Pekerjaan Umum dan Kementerian Perumahan Rakyat merupakan pelaku kunci (*key stakeholders*) dalam pengembangan rusunawa ramah lingkungan. Sementara sosialisasi merupakan kendala utama yang menghambat pengembangan rusunawa ramah lingkungan. Semua hasil tersebut menjadi bahan penyusunan kebijakan stakeholders kunci guna keberhasilan pengembangan rumah susun ramah lingkungan, khususnya di Kota Batam . Disamping itu penelitian ini perlu dilanjutkan lagi untuk mengitung nilai ekonomi, kesanggupan membayar sewa dan dampak sosial.

REFERENCES

1. BPS. 2010. Data Sensus Penduduk. Jakarta.
2. Cole, G.A. 1988. Textbook of Limnology. Waveland Press, Inc.Illinois. USA.
3. Effendi, H. 2000. Telaan Kualitas Air. Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.
4. Gibb, A.G.F. 1999. "Off-Site fabrication." John Wiley and Son. New York. USA
5. Goedkoop, M and M. Oele. 2001. Database Manual General Introduction. PRé (Product Ecology Consultant). USA.
6. Sijabat, H.R dan H.N. 2007. Sistem Bangunan Pracetak untuk Rumah Susun dan Rumah Sehat Sederhana. Pusat Pengembangan Perumahan Kemenpera. 5 Maret 2007.

BRIEF BIOGRAPHY OF PRESENTER

Penulis adalah lulusan Insitut Teknologi Bandung di Indonesia (1962), dan mengambil master dibidang pracetak dan prategang di Amerika (1992). Penulis bekerja sebagai Direktur Utama PT Bina Karya, kemudian di Kementerian Pekerjaan Umum, sebagai Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Kementerian (1992 – 1995), kemudian Direktur Tata Bangunan (1995 – 1997). Saat ini penulis adalah Ketua Umum Ikatan Ahli Pracetak dan Prategang Indonesia (2008 – 2014).