

UNIT APARTEMEN DENGAN SUPPLY ENERGI SURYA SUATU ANALISIS EKONOMI DAN MANAJEMEN DALAM DESIGN ENGINEERING (D/E)

Nurhamdoko Boni*

Abstraksi : Alur pikir yang tipikal (Input, Proses, Output, Restriksi dan *feedback*) yang berlaku umum untuk setiap subsistem yang berbeda, tetap dapat diandalkan sebagai alat bantu dalam subsistem *design - engineering*. Penyempurnaan dengan penambahan subsistem *feasibility study* dan *procurement*, mempermudah pentahapan proses pembangunan suatu proyek. Tanpa melalui pembahasan subsistem *procurement*, maka anggaran pembangunan akan membengkak. Mutu bahan, komponen, peralatan dan mesin tidak akan sebanding dengan harga yang dibayar. Tahap *procurement* memungkinkan pemesanan barang, alat dan mesin tanpa menunggu proses dari tahap yang lain selesai.

Menerapkan teknologi gabungan CADD, database komponen dengan pembuatan perangkat lunak (sistem menu) yang menjembatannya dalam proses perancangan, akan menghasilkan kecepatan proses yang mengagumkan, sehingga akan mempercepat gagasan itu menjadi kenyataan. Penerapan teknologi *solar cell*, yang membutuhkan perhitungan cukup rumit dan bersifat *trial & error*, menjadi mudah, cepat dan akurat karena pekerjaan ini sepenuhnya diambil alih oleh komputer.

Kata kunci: *design-engineering; feasibility study, procurement, CADD; Sistem menu, Solar cell*

* Dosen Tetap Fakultas Teknik Jurusan Arsitektur Universitas Merdeka Malang

PENDAHULUAN

Aspek kelayakan Teknologi

Selain keahlian, pengalaman, modal dan lain-lain maka *input* pada subsistem D/E adalah *output* (hasil) dari FS. Disamping *output* kelayakan aspek pasar, lingkungan, teknologi, *legal*, dan manajemen, maka dalam rangka penerapan *solar cells* pada proyek apartemen, *output* terpenting dari FS diantaranya adalah aspek teknologi dan finansial yang meliputi:

- Besarnya kebutuhan listrik untuk satu unit hunian.
- Besarnya kapasitas listrik yang mampu dihasilkan oleh *solar cells* sebanyak yang bisa dipasang pada satu unit hunian.
- Perhitungan biaya (*initial cost and operation-maintenance*) *solar cells*
- Perhitungan biaya (*initial cost and operation-maintenance*) daya PLN
- Telaah kemungkinan *solar cells* mengganti *supply* listrik dari PLN.

Hasil FS ini sangat penting karena pada tahap inilah akan diambil keputusan apakah proyek ini akan diteruskan atau justru akan dibatalkan.

Sebagai langkah pertama, adalah perlu diketahuinya besaran kapasitas dan konsumsi energi listrik rata-rata pada satu unit hunian dalam apartemen. Karena kelompok apartemen memiliki beberapa *grade* atau kelas dari segi kemewahan, maka perlu dilakukan studi lapangan atau survey. Survey ini menghasilkan data yang lebih nyata/tepat dibanding mengacu pada standart yang umumnya ditentukan menurut ukuran asing (negara maju). Sebuah proyek dengan lokasi terletak di DKI Jakarta misalnya, maka obyek survey adalah apartemen-apartemen di wilayah ini, dari kelompok apartemen yang sederhana hingga yang termasuk kategori mewah.

Sebagai contoh, hasil studi besaran daya listrik yang diperlukan untuk satu unit hunian apartemen di Jakarta adalah sebagai berikut:

Tabel Daya Listrik per unit hunian

Nama Apartemen	Daya Total (KW)		Daya/ unit (KW)	Pemilik	Konsultan
	PLN	Genset			
Pasadena Garden Pulomas	2250	2250	9.15	PT Pulomas Gemala Misori	PT Kiat Karsindo Kons (Ars), PT HRT (Sip), dll(3)
Sahid Palace	3000	3000	7.5/10.5/21	PT Sahid Inti Dinamika	PT Parama Loka Cons (Ars), PT Limaef (Sip), dll(3)
Parkway	1100	1000	11.5	PT Mahakam Indo Makmur	PT Megatika Int'l (Ars), PT Duta Rekayasa(Sip), AT 6 Profesio (M&E)
Marbella Residencia CR	N/A	N/A	6.6/10.5 13.2/16.5	Pudjiadi Prestige Ltd	PT Quadran (Ars), Edi Susanto (Sip)
Mitra Sunter	154	N/A	3.5	PT Sumber Mitra-realtindo	PT Paraga Arta Mida
Semanggi Tower House	1730	700	3.3/10	PT Arthaguna Sarana Pratama	PT Parama Loka Cons (Ars), Davy Sukamta & Partner, dll (2)
Mitra Bekasi (Ruko)	N/A	N/A	4.4/3.5	PT Cipta Perdana Pratama	N/A
Beverly Tower	1500	2x1000	6.6/10	PT Dharma Prima Wibawa	PT Megatika Int'l (Ars), PT Duta Rekayasa(Sip), AT 6 Profesio (M&E)
Sudirman Tower Cond.	6000	4x1500	6.6/2.3	PT Kredosindo Perkasa	PT Megatika Int'l (Ars)
Oasis Square	4000	N/A	4.4	PT Sumber Mitrarealtindo	PT Airmas Asri (Ars), PT Gistama Inti Semesta (Sip)
Crown Court	1350	400	Bebas, (rata2 7.25)	Lippocity	PT Team 4 (Ars), Davy Sukamta & Partner

Sumber: Survey Instansional dan Majalah Konstruksi 1994-1995, diolah

Dari data tersebut diatas bisa diketahui bahwa besaran daya listrik yang diperlukan untuk satu unit hunian apartemen di Jakarta adalah berkisar antara 3300 Watt hingga 21000 Watt.

Jenis yang digunakan

Jenis *solar cells* yang digunakan adalah: *thin film amorphous silicon* (TFAS). TFAS ini dipilih dengan pertimbangan:

- Mempunyai efisiensi tertinggi dari jenis lain
- Berupa lembaran yang sangat mudah dibentuk
- Sangat ringan karena berupa lembaran tipis.

Produsen TFAS yang dikenal diantaranya adalah:

- Atlantis Energy AG (Switzerland)
- Solarex (USA)
- Uni Solar (USA)

Kapasitas keluaran daya rata-rata bisa mencapai: 150 Watt/m², harga (termasuk biaya instalasi): USD 156/m², sehingga perhitungan rata-rata biayanya adalah sekitar USD 1.04/Watt

Asumsi-asumsi dan Perhitungan Cost

Satu unit hunian apartemen, luas lantai dianggap 100 m², jarak antar lantai bangunan (ketinggian) 4 m dan diasumsikan 2 sisi bebas (terkena langsung sinar matahari) maka :

$$\text{Luas bidang bebas} = 10 \text{ m} \times 4 \text{ m} + 10 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 80 \text{ m}^2$$

$$\text{Daya yang didapat} = 80 \text{ m}^2 \times 150 \text{ Watt} / \text{m}^2 = 12.000 \text{ Watt}$$

Daya sebesar 12000 Watt cukup memadai dengan memperbandingkan hasil survey yang sebesar antara 3300 Watt hingga 21000 Watt.

Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian sekaligus pemasangannya sebesar = $80 \text{ m}^2 \times \text{USD } 156 / \text{m}^2 = \text{USD } 12480$

Apabila kurs USD1 = Rp. 10.000,- maka biaya = Rp. 124.800.000,-

Sementara itu harga jual listrik nasional (PLN) =

1 KWh = 7 cent \$ = Rp. 700,-

Dengan menggunakan listrik dari PLN maka biaya dihitung sbb:

Asumsi I, menggunakan 100% kapasitas terpasang (24 jam/hari)

Biaya per bulan = $12 \text{ KW} \times 720 \text{ h(ours)} \times \text{Rp.}700,- /\text{KWh} = \text{Rp.} 6.048.000,-$

Biaya per 20 tahun = $\text{Rp.} 6.048.000,- \times 12 \times 20 = \text{Rp.} 1.451.520.000,-$

Asumsi II, menggunakan 50 % kapasitas terpasang (12 jam / hari)

Biaya per 20 tahun = $\text{Rp.} 725.760.000,-$

Asumsi III, menggunakan 25 % kapasitas terpasang (6 jam / hari)

Biaya per 20 tahun = $\text{Rp.} 362.880.000,-$

Asumsi IV, menggunakan 12.5 % kapasitas terpasang (3 jam / hari)

Biaya per 20 tahun = $\text{Rp.} 181.440.000,-$

Dengan pengertian bahwa nilai uang adalah merupakan fungsi nominal dan fungsi waktu, maka berlaku perhitungan bunga (increment) $\rightarrow X(1+i)^n$

Asumsi I, bunga 25% selama 20 tahun atau selama umur ekonomis modul pv

$\rightarrow \text{Rp.} 124.800.000,- (1 + 0.25)^{20} = \text{Rp.} 10.824.675.000,-$

Asumsi II, bunga 10 % selama 20 tahun = $\text{Rp.} 839.591.990,-$

Asumsi III, bunga 5 % selama 20 tahun = $\text{Rp.} 331.131.550,-$

Sehingga bisa disimpulkan bahwa:

- Dengan asumsi bunga 5%, Solar cells masih lebih ekonomis dibanding menggunakan catu daya 25%; 50% atau 100% daya PLN,
- Dengan asumsi bunga 10%, Solar cells masih lebih ekonomis dibanding menggunakan catu daya 100% daya PLN,
- Tidak ada ketergantungan kepada PLN.

Dengan demikian, keputusannya adalah bahwa penerapan solar cells pada bangunan apartemen ini akan bernilai:

- ekonomis (dari aspek biaya)
- strategis (tidak ada ketergantungan)
- menunjukkan kepedulian lingkungan (*environment friendly*)
- *prestise* (citra dan kepeloporan)

Aspek Teknologi dalam Proyek Apartemen

Faktor teknologi menjadi cukup penting dalam proses perancangan proyek ini, karena menyangkut Teknologi (cara) Perancangan, dan Teknologi (substansi) *Thin Film Amorphous Silicon* (TFAS) yang terkandung di dalam proyek ini. Teknologi *Computer Aided Drafting and Design* (CADD) yang sangat cepat berkembang memungkinkan proses perancangan lebih mudah dilaksanakan dengan hasil yang akurat dan rapi. Konsep awal CADD adalah pada tersedianya banyak sekali alternatif, *editing*, geometri, pengulangan dan *drafting*. Proses bekerjanya berbasis matematika dan vektor. Perkembangan selanjutnya adalah munculnya sejumlah perpustakaan (*library*) gambar yang sediaannya banyak di pasaran. *Library* ini menyebabkan bergesernya proses mendisain ke arah proses perakitan gambar (*assembling*).

Teknologi surya yang pertama diaplikasikan pada bangunan dikenal dengan istilah *building-integrated photovoltaics* (BIPV). BIPV mewujudkan integrasi arsitektur dan sistem-sistem yang mewadahnya. Integrasi arsitektural dapat dilihat pada penggunaan modul-modul sel surya sebagai elemen arsitektur pada bangunan seperti atap, dinding kaca, *skylight* dan lain sebagainya. Sedangkan sistem-sistem yang mewadahnya adalah sistem pembangkit energi serta memasok energi pada sistem kelistrikan dan mekanik bangunan. Wujud akhir dari sel surya merupakan hasil dari proses panjang yang tunduk pada hukum-hukum kimia-fisika-matematika, sehingga modul sel surya adalah produk yang sarat akan kandungan kepastian. Kepastian itu meliputi kepastian spesifikasi, bahan, ukuran, mekanisme kerja, berat, dan karakter-karakter spesifiknya. Kepastian (ke-eksak-an) inilah yang membuat sel surya menjadi 'sebahasa' (cocok) dan dengan mudah bisa berakomodasi dengan CADD.

Database (pangkalan data) yang awalnya merupakan pekerjaan yang sangat membosankan karena menuntut ketelitian, menjadi sangat menyenangkan setelah kehadiran komputer dan sistem operasi serta software aplikasinya. Pengolahan data dalam skala yang sangat besar bukan lagi pekerjaan yang mustahil. Komputer dengan mudah melakukannya dan dengan tingkat kesalahan nihil.

Jadi, kombinasi antara CADD-library-database-spesifikasi modul merupakan alat bantu yang luarbiasa dalam proses perancangan. Permasalahannya terletak pada bagaimana membuat 'tali' yang digunakan untuk mentautkan satu dengan yang lainnya itu. 'Tali' itu adalah sebuah *sistem menu* baru yang mampu membaca informasi dan berkomunikasi antar komponen peralatan lunak (*software*) tersebut. Perancangan apartemen dengan pasokan energi surya menjadi sangat mudah dilaksanakan, karena pada dasarnya adalah mengoperasikan *sistem menu* baru yang bisa menggabungkan CADD-perpustakaan gambar-database komponen bangunan (di antaranya adalah modul surya).

Teknologi Thin Film Amorphous Silicon (TFAS)

Thin Film Amorphous Silicon adalah modul sel surya yang sangat tipis (100-200 mikrometer) yang lebih monolit dibandingkan modul lain. Modul ini telah tercetak pada kaca, dimana salah satu sisinya telah terpasang TFAS. Penginstalasiannya menggunakan metode yang biasa dipergunakan (*pressure-plate glazing*). Metode ini menggunakan tutup *mulion* (tutup *frame*) sehingga tersedia ruang bagi penyambungan kabel, dan berdimensi cukup kecil/tipis sehingga mampu mengurangi kemungkinan timbulnya bayangan. Bayangan ini cukup serius akibatnya karena bisa menyebabkan instalasi terputus (*shutdown*). Cara termudah adalah dengan menyediakan ruang yang tidak aktif di sekitar modul sel surya, sehingga bayangan yang terjadi tidak sampai menyebabkan kegagalan operasi. Modul ini diproduksi oleh Atlantis Energy AG (Swiss), Solarex (USA) dan Uni-Solar (USA).

Panel Photovoltaics

Panel PV merupakan modul sel surya yang lebih berat karena diproduksi dalam bentuk modul jadi dengan ukuran tertentu. Panel ini cocok untuk ditempatkan pada atau sebagai elemen atap. Efesiensinya akan meningkat apabila sinar matahari datang tegak lurus dengan permukaan panel. Namun karena biaya yang dipergunakan untuk membuat otomatisasi mengikuti arah edar matahari lebih besar dari nilai ekonomis

listrik yang dihasilkan, maka biasanya panel pv ini dipasang *fixed* pada arah dan kemiringan yang paling optimal. Panel PV ini diproduksi oleh *Colt International*.

Penerapan

Untuk penerapan panel PV pada bangunan, pada prinsipnya orientasi bangunan adalah sedemikian rupa sehingga bisa menghadapkan panel-panel pv ini ke arah matahari, yang terpasang ada bangunan arah timur ke barat. Pertimbangannya adalah bahwa radiasi matahari yang didapat adalah maksimum. Namun, terkadang banyak kendala di dalam memutuskan arah bangunan ke timur barat sesuai garis edar matahari, sehingga pemecahannya dapat dilakukan dengan:

- mengolah bentuk atap sebagai media perletakan panel-panel pv agar mampu menangkap radiasi maksimum.
- memperbanyak media perletakan panel-panel surya selain pada atap.

Untuk penerapan TFAS pada bangunan, tidak harus memiliki arah yang tegak lurus dengan arah sinar matahari untuk memperoleh efisiensi maksimum. Ini adalah salah satu kelebihan yang dimiliki TFAS, selain ringan bobotnya. Untuk lebih memperbanyak bidang yang mampu menangkap sinar matahari maka TFAS ini bisa dipasang pada dinding bangunan dengan memperhatikan:

- jarak terhadap bangunan lain atau tanaman yang menghalangi sinar datang matahari;
- memperhatikan pengaruh silau terhadap lingkungan sekitar bangunan;
- tetap memperhatikan kebutuhan bidang bukaan untuk ventilasi bagi ruang di dalam bangunan; dan
- memperhatikan estetika dari komposisi grafis yang terbentuk pada dinding.

Aspek Teknologi Dalam Perancangan

Proses Perancangan

Dalam Design Process menurut model I/O, ada 5 langkah yang dilakukan yaitu:

Peng'konsep'an

Pendekatan konsep diawali dari pendekatan teknologi penggunaan *solar cells*, untuk selanjutnya konsep-konsep yang lain baru diturunkan. Teknologi yang memanfaatkan sinar matahari menunjuk pada pemanfaatan selubung bangunan dan bidang atap sebagai media penangkap energi surya. Pemanfaatan bidang atap nantinya sebagai media pemasangan panel surya, sedangkan pemanfaatan selubung bangunan sebagai media tempat pemasangan *thin film amorphous silicon*. KONSEP FUNGSI nya adalah pemecahan *design* yang mendukung tersedianya energi bagi aktivitas keseharian, dengan penempatan TFAS dan panel surya yang adaptif terhadap lingkungan sekitar, baik lingkungan alam, lingkungan binaan eksisting, dan binaan yang terprediksi.

Berdasarkan pendekatan konsep teknologi *solar cell*, maka KONSEP MASSA BANGUNAN adalah memperbesar jarak dengan bangunan lain, mempertimbangkan arah sinar matahari, memberi tempat bagi peralatan *solar cell*, memberi kemudahan pemasangan peralatan *solar cell*, mempertimbangkan kedudukan/kemiringan atap sesuai sifatnya (di equator). Dari karakteristik tfas dan panel surya, maka ORIENTASI bangunan dimaksudkan untuk mendapatkan kinerja terbaik dari peralatan *solar cell*. Orientasi terbaik untuk panel surya membujur arah Utara-Selatan, sedangkan orientasi terbaik untuk selubung bangunan adalah menghadap arah Timur-Barat.

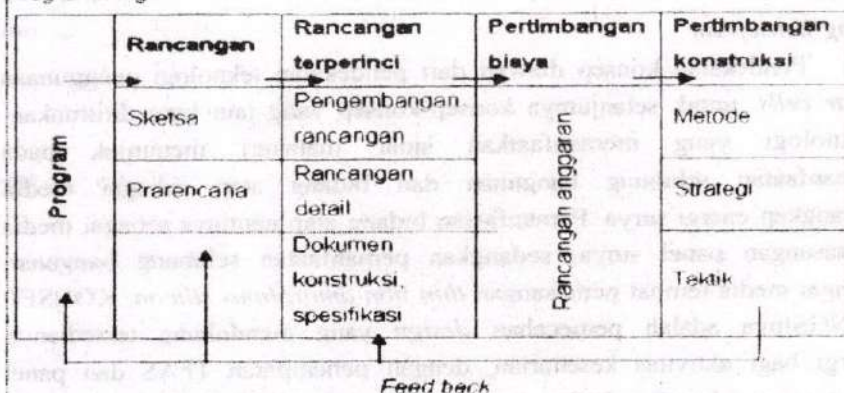
Perwajahan bangunan akan menimbulkan citra tertentu yang akan menambah nilai estetika. Dengan wajah yang khas diarahkan akan memberi peluang sebagai *landmark* kawasan. Juga karena ditampilkan sebagai CITRA pelopor teknologi yang 'bersih'.

Dengan alokasi dana yang relatif banyak untuk *initial cost* peralatan *solar cell*, maka KONSEP STRUKTUR nya adalah struktur yang murah dan mudah pelaksanaannya. Dan karena tuntutan bahwa bidang-bidangnya

harus mengarah ke arah tertentu, maka struktur bangunan harus juga memberi peluang untuk bentuk yang fleksibel

Programming

Programming



Analisis, Seleksi dan Integrasi

DIVERGENCE	TRANSFORMATION	CONVERGENCE
Dicari peluang design sebanyak mungkin	Pencapaian manipulasi	Pemberian nilai Memutuskan
ASPEK TEKNOLOGI SOLAR CELL		
Luas bidang	Luas maksimal yang mungkin	Luas optimal bidang solar cell
Kemiringan bidang	Penerimaan sinar langsung terbanyak	Rentang sudut kemiringan (range)
Penempatan	Komponen bangunan yang dipilih	Cara menggabungkan

Peralatan Perancangan

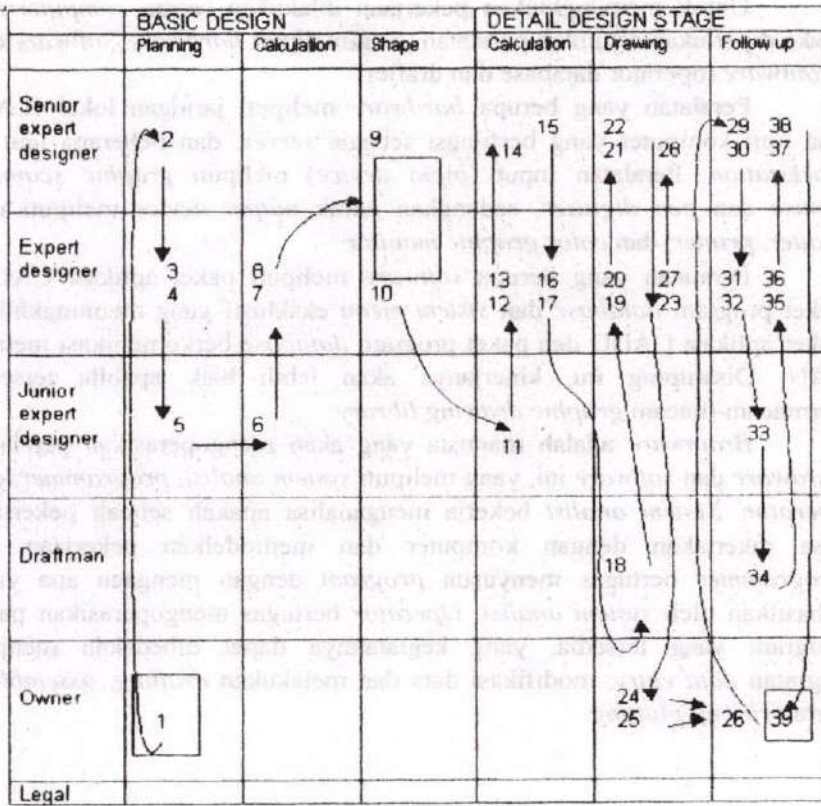
Untuk memungkinkan pekerjaan dilakukan secara *computerized*, maka diperlukan sejumlah peralatan yang meliputi *hardware*, *software* dan *brainware* (operator database dan drafter).

Peralatan yang berupa *hardware* meliputi jaringan lokal (LAN) dan unit komputer yang berfungsi sebagai *server*, dan beberapa unit *pc workstation*. Peralatan Input (*input device*) meliputi *graphic scanner*, *mouse* dan *pen digitizer*, sedangkan untuk *output device* meliputi unit *plotter*, *printer*, dan *color graphic monitor*.

Peralatan yang berupa *software* meliputi paket aplikasi CADD, paket program *database* dan *sistem menu* eksklusif yang memungkinkan paket aplikasi CADD dan paket program *database* berkomunikasi melalui LAN. Disamping itu, kinerjanya akan lebih baik apabila tersedia bermacam-macam *graphic/drawing library*.

Brainware adalah manusia yang akan mengoperasikan peralatan *hardware* dan *software* ini, yang meliputi *system analist*, *programmer*, dan *operator*. *System analist* bekerja menganalisa apakah sebuah pekerjaan bisa dikerjakan dengan komputer dan memodelkan pekerjaan itu. *Programmer* bertugas menyusun *program* dengan mengacu apa yang dihasilkan oleh *system analist*. *Operator* bertugas mengoperasikan paket program yang tersedia, yang kegiatannya dapat dibedakan menjadi kegiatan *data entry*, modifikasi data dan melakukan *drafting*, *assembling* serta *printing/plotting*.

Mekanisme Kerja



Keterangan:

1. Ide owner, dengan bantuan konsultan, menginginkan penjelasan kemungkinan penggunaan energi matahari sebagai sumber energi yang akan men'supply' kebutuhan energi pada apartemen.
2. Ide dipelajari oleh senior expert. Ditentukan ada beberapa kemungkinan peralatan yang digunakan (amorphous, crystalline, sel pv). Ide menerapkannya adalah dengan memanfaatkan bidang atap dan selubung bangunan.
3. Expert mengkaji apakah selubung bangunan dan bidang atap mempunyai peluang untuk berhasil.
4. Expert melakukan pencarian data dan spesifikasi yang lebih terinci mengenai jenis solar cell yang akan digunakan, sehingga perhitungan teknis bisa dilakukan.

5. Perhitungan teknis dihitung oleh junior expert designer
6. Penyimpulan dari perhitungan teknis.
7. Expert membuat laporan hasil pembahasan hasil perhitungan teknis dan perhitungan ekonomis kepada Senior expert.
8. Expert menginventarisasi temuan-temuan baru yang ditemui pada saat melakukan pembahasan. Temuan baru terkadang merupakan ide baru yang berbeda dengan masukan dari senior expert. Inventarisasi ini dilaporkan kepada senior expert.
9. Senior expert dan expert mencoba menemukan konsep design penerapan solar cell.
10. Dibuat lebih rinci yang berupa sketsa-sketsa ide.
11. Sketsa ide ini dicoba digambarkan secara skalatis oleh junior expert designer dilengkapi dengan spesifikasi teknis.
12. Dipresentasikan kepada expert, dan expert memberi masukan
13. Draft design telah siap dilaporkan pada senior expert.
14. Senior expert melakukan koreksi atas design menyangkut pertimbangan lebih lanjut menyangkut dana.
15. Revisi draft design telah selesai.
16. Expert menambahkan catatan-catatan yang menjadi pedoman drafting.
17. Pedoman disampaikan ke draftsman.
18. Draftsman melakukan penggambaran secara lengkap
19. Koreksi dari expert.
20. Hasil revisi disusun secara sistematis untuk disampaikan kepada senior expert
21. Senior expert memberikan koreksi.
22. Revisi dilakukan.
23. Diarsipkan oleh expert menurut klasifikasi tertentu.
24. Disampaikan kepada owner
25. Owner memberi masukan sesuai dengan pertimbangan kondisi owner
26. Owner memberi komentar dan persetujuan.
27. Expert membuat keputusan atas hasil pembicaraan dengan owner.
28. Disampaikan kepada senior expert.
29. Hasil pembicaraan dengan owner dipertimbangkan oleh senior expert.
30. Keputusan senior expert disampaikan ke expert.
31. Expert mencatat keputusan-keputusan dan mengarsipkan.
32. Memberi catatan untuk diolah lagi oleh junior expert designer.
33. Junior expert designer merevisi draft atas dasar catatan expert designer.
34. Draftman menyempurnakan gambar kerja atas dasar catatan dari junior expert designer.
35. Gambar kerja disampaikan kepada expert.
36. Penambahan tulisan/deskripsi mengenai teknis metodologis gambar kerja.
37. Disampaikan kepada senior expert.
38. Senior expert menyusun skenario akhir hasil kerja (gambar dan deskripsi).
39. Meminta persetujuan owner.
40. Gambar kerja secara lengkap telah berhasil dikerjakan.

KESIMPULAN

Model I/O secara sepintas terlihat sederhana, namun dalam penerapannya dapat menjadi alat bantu yang mampu untuk memecahkan persoalan-persoalan yang kompleks. Alur pikir yang tipikal (Input, Proses, Output, Restriksi dan *feedback*) yang berlaku umum untuk setiap subsistem yang berbeda, tetap dapat diandalkan sebagai alat bantu dalam subsistem *Design Engineering*.

Penyempurnaan dengan penambahan subsistem *Feasibility Study* dan *Procurement*, sangat mempermudah pentahapan proses pembangunan suatu proyek. Proyek-proyek modern yang dilaksanakan tanpa didahului FS, akan mempunyai resiko yang besar mengalami kegagalan/kesulitan. Dengan didahului FS, maka tahap *Design-Engineering* menjadi lebih mudah dilakukan. Tanpa FS berarti mempertaruhkan dana dalam jumlah yang besar.

Tanpa melalui pembahasan subsistem *Procurement*, maka anggaran pembangunan akan membengkak. Mutu bahan bangunan, komponen bangunan, alat dan mesin tidak akan sebanding dengan harga yang dibayar. Tahap *procurement* memungkinkan pemesanan barang, alat dan mesin tanpa menunggu proses yang lain selesai.

Menerapkan teknologi gabungan CADD, database komponen dengan pembuatan perangkat lunak yang menjembatannya dalam proses perancangan, akan menghasilkan kecepatan proses yang mengagumkan, sehingga akan mempercepat gagasan itu menjadi kenyataan. Penerapan teknologi solar cell, yang membutuhkan perhitungan cukup rumit dan bersifat trial & error, menjadi mudah, cepat dan akurat karena pekerjaan ini sepenuhnya diambil alih oleh komputer.

Pustaka

- Austen, AD, 1984, *Managing Construction Projetcjs*, A Guide to Processes and Procedures, International Labour Organisation, Geneva
- Boni, N., 1999, *Optimalisasi Ekonomi Pada Aplikasi Photovoltaics Untuk Perolehan Energi dan Biaya Konstruksi*
- Hulscher, Wim; Fraenkel, Peter, 1994, *The Power Guide*, Second Edition, Intermediate Technology Publications, London, UK
- Pedju, Ary Mochtar, *Pendekatan Sistem Pada: Pengelolaan Pembangunan Proyek Konstruksi Berskala Besar* (Bagian Keempat), Majalah Konstruksi
- Stine, William B., 1985, *Solar Energy Fundamentals and Design With Computer Applications*, John Wiley and Sons, Inc., Canada
- Wenham, Stuart R., dkk., *Applied Photovoltaics, Centre for Photovoltaic Devices and Systems*, University of NSW., Australia