



TESIS PM-147501

**IMPLEMENTASI VALUE BASED DECISION PADA
PEMILIHAN DESAIN SISTEM KELISTRIKAN DI
CIPUTRA WORLD SURABAYA PHASE 3**

**NASYCHUN AMIN
09211650023019**

**DOSEN PEMBIMBING
Christiono Utomo, ST., MT., Ph.D**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN PROYEK
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Nasychun Amin
NRP. 09211650023019

Tanggal Ujian : 17 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

- 
1. Christiono Utomo, ST., MT., Ph.D (Pembimbing)
NIP. 132303037
- 
2. M. Arif Rohman, ST., MSc., Ph.D (Penguji)
NIP. 197712082005011002
- 
3. Ir. Ervina Ahyudanari, ME., Ph.D (Penguji)
NIP. 196902241995122001

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,


Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc
NIP. 195903181987011001



Implementasi value based decision pada pemilihan desain sistem kelistrikan di Ciputra World Surabaya phase 3

Nama : Nasychun Amin
NRP : 09211650023019
Jurusan : Manajemen Proyek MMT ITS
Dosen Pembimbing : Christiono Utomo, ST, MT, Ph.D

ABSTRAK

Sebuah kawasan superblok tentu mempunyai kompleksitas yang tinggi, baik dalam proses pembangunan maupun nantinya ketika sudah beroperasi, sehingga diperlukan desain yang tepat di awal. Pada proyek Ciputra World phase 3 terutama pada sistem kelistrikan (PLN kombinasi dengan genset), diperlukan pemilihan desain yang tepat. Dalam penentuan desain yang akan digunakan ada beberapa pertimbangan, sehingga keputusan yang diambil adalah alternatif yang mempunyai nilai tertinggi dan bisa diterima oleh semua stakeholder. Beberapa pertimbangan dalam penentuan desain pada proyek ini adalah *initial cost, life cycle cost, recovery* sistem ketika lampu mati, tahan terhadap gangguan dari luar, mudah dalam perawatan, harga per kwh yang kompetitif, ketersediaan sumber bahan bakar, penghematan energi selama operasional gedung.

Berdasarkan latar belakang di atas, metodologi yang digunakan dalam menentukan pemilihan desain terbaik untuk sistem kelistrikan di proyek Ciputra World phase 3 adalah *value based*, dimana fungsi dan biaya dari masing-masing alternatif akan dibandingkan. Untuk fungsi akan dianalisa menggunakan FAST dan biaya akan dihitung berdasarkan LCC masing - masing alternatif. Untuk proses AHP data yang digunakan adalah hasil kuesioner dengan para responden yang berasal dari manajemen Ciputra World Surabaya. Dengan latar belakang dan pengalaman yang berbeda beda pada setiap responden, maka untuk mendapatkan keputusan berbasis kelompok dilakukan agregasi dari semua responden.

Dari hasil penelitian, responden 1 dan 2 memilih alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) sebagai desain terbaik, sedangkan responden 3 memilih alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine) sebagai desain terbaik, sedangkan dengan agregasi didapatkan alternatif 1 sebagai desain terbaik dengan nilai 2,92.

Kata kunci : *Value Based Decision*, Analisa Fungsi, Biaya, AHP

Implementation of value based decision on selection electrical system design at Ciputra World Surabaya Phase 3

Name : Nasychun Amin
NRP : 09211650023019
Department : Project Management MMT ITS
Supervisor : Christiono Utomo, ST, MT, Ph.D

ABSTRACT

A superblock area has a high complexity, both in the development process and later when it is operational, so it required the right design at the beginning. At project Ciputra World phase 3, especially on the electrical system (PLN combination with generator), required the selection of appropriate design. In determining the design which will be used there are several considerations, so the decision will be made is an alternative that has the highest value and be acceptable to all stakeholders. The considerations in determining the design of this project are the initial cost, life cycle cost, recovery system when PLN shutdown, resistant to interference from outside, easy in maintenance, Competative price per kwh, availability of fuel sources, energy saving during building operations.

Based on the background above, the methodology to be used in determining the selection of the best design for the electrical system in Ciputra World phase 3 is a value based, where the function and costs of each alternative will be compared. The Function will be analyzed using FAST and The Cost will be calculated based on LCC each alternative. For AHP process data used are the result questionnaires with respondents coming from management Ciputra World Surabaya. With the background and experience that is different for each respondent, to get a decision based on group used aggregation system of value from all respondents.

The results of research shows stakeholder 1 and 2 choose alternative 1 (1 PLN – Diesel) as the best design while stakeholder 3 choose alternative 3 (2 PLN – Gas Engine) as the best design. Based on Agregation the result shows alternative 1 be the best design for electrical system at Ciputra world phase 3 with value 2,92.

Keywords : *Value Based Decision*, Function Analysis, Cost, AHP

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-Nya, sehingga tesis yang berjudul “Implementasi value based decision pada pemilihan desain sistem kelistrikan di proyek ciputra world phase 3” ini dapat diselesaikan. Tesis ini diajukan sebagai bagian dari syarat menyelesaikan Studi Program Pascasarjana pada Departemen Manajemen Teknologi pada Bidang Keahlian Manajemen Proyek di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyelesaian tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Paling utama adalah dukungan dari orang tua, doa restu, nasihat dan semangat ketika penulis mulai goyah dalam menghadapi pekerjaan baru dan penyelesaian tesis ini. Tidak kalah penting adalah dukungan istri yang selalu memberi semangat dan dukungan dalam menyelesaikan pendidikan pasca sarjana di MMT ITS. Terima kasih atas dorongan dan masukannya ketika penulis berencana akan mengambil cuti karena perpindahan tempat kerja baru, istri tercinta mengingatkan akan berat untuk memulai kembali nantinya. Terima kasih atas pengertian dan pengorbanan yang telah dilakukan selama ini. Penulis juga mendapat dorongan moral dari putri tercinta (Sheenaz Nayla) dengan membangunkan penulis ketika tengah malam untuk menyelesaikan tesis ini, sehingga hal ini menambah semangat dan sadar untuk segera menyelesaikan tesis ini. Penulis juga menyampaikan banyak terima kasih kepada bapak dan ibu mertua yang telah menjaga putri tercinta ketika penulis dan istri bekerja maupun ketika menyelesaikan tesis ini.

Dukungan dan motivasi juga diperoleh penulis dari bapak Christiono Utomo, mulai kuliah, proposal, dan saat bimbingan atau assistensi beliau bersedia dari bandara langsung ke MMT untuk menemui penulis sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini. Selain ilmu akademik, penulis banyak mendapatkan ilmu kehidupan untuk selalu jujur dan disiplin dalam segala hal dari pak Christiono selaku dosen wali dan pembimbing dari penulis.

Terima kasih kepada para dosen, staff MMT seperti mas Reval, mbak Miza, Pak Sudarta memberi bantuan dan informasi sehingga penulis bisa menyelesaikan tesis ini. Tak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan rekan angkatan manajemen proyek 2016 atas dukungan dan semangat, dan kebersamaan yang penuh manfaat.

Terima kasih kepada Bapak Arif dan Bu Evrina, yang telah banyak memberi masukan dan mengarahkan sehingga penelitian ini bisa jauh lebih baik lagi.

Terima kasih kepada para responden atas tanggapan yang telah diberikan pada survey pendahuluan maupun saat mengisi kuisioner. Dukungan juga diperoleh dari teman satu angkatan Ade Rochmanu yang selalu memberi masukan dan membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini. Tentunya masih banyak sekali para pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, baik yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan dan penyelesaian tesis ini. Semoga semua yang telah penulis peroleh dapat bermanfaat untuk penulis kedepan dan lingkungan sekitar.

Terima kasih kepada Bapak Arif dan Bu Evrina, yang telah banyak memberi masukan dan mengarahkan sehingga penelitian ini bisa jauh lebih baik lagi. Dengan segala keterbatasan dan kekurangan dalam penulisan tesis ini, penulis menyadari bahwa selalu ada kekurangan dalam setiap karya, oleh karena itu saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan agar tesis ini dapat menjadi lebih baik. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2018

Penulis,

Nasychun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sitematika Penulisan	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Sistem Kelistrikan.....	7
2.2 Desain.....	10
2.3 Value.....	11
2.4 Funtion Analysis System Technique	12
2.5 Life Cycle Cost	14
2.6 Analytical Hierarchy Process	15
2.7 Langkah – Langkah Metode AHP.....	16
2.8 Penyusunan Struktur Hirarki Masalah.....	17
2.9 Satisficing Option	18
2.10 Posisi Penelitian	18
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Alur Penelitian	21
3.2 Identifikasi permasalahan.....	22
3.3 Data yang digunakan.....	22
3.3.1 Data Primer.....	22

3.3.2	Data Sekunder.....	22
3.4	Penentuan Kriteria.....	23
3.5	Pemilihan Alternatif.....	24
3.6	Responden.....	25
3.7	Analisa data.....	26
3.8	Value based	27

BAB IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Analisa Fungsi	31
4.2	Life Cycle Cost Analysis.....	32
4.2.1	Alternatif 1 (1 Penyulang PLN – Diesel Engine)	32
4.2.2	Alternatif 2 (1 Penyulang PLN – Diesel Engine – Gas Engine)	34
4.2.3	Alternatif 3 (2 Penyulang PLN – Gas Engine)	35
4.3	Value Based Decision.....	36
4.3.1	Responden 1 (Engineering Manager)	37
4.3.2	Responden 2 (Engineer Proyek).....	44
4.3.3	Responden 3 (Representatif Owner).....	46
4.4	Satisficing Option.....	49
4.4.1	Responden 1 (Engineering Manager Operation)	49
4.4.2	Responden 2 (Engineer Proyek).....	51
4.4.3	Responden 3 (Representative Owner).....	53
4.5	Agregasi.....	55
4.6	Diskusi dan Pembahasan	58

BAB V. PENUTUP

5.1	Kesimpulan	61
5.2	Saran	61

DAFTAR PUSTAKA.....	63
----------------------------	-----------

LAMPIRAN	67
-----------------------	-----------

BIOGRAFI	89
-----------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Gambar Ciputra World Phase 1 - 3.....	2
Gambar 1.2.	Layout Ciputra World Phase 3.....	2
Gambar 2.1.	Schematic <i>Gas Engine created Electricity, heating & cooling</i> ..	8
Gambar 2.2.	Diagram FAST.....	14
Gambar 2.3.	Pemilihan kepuasan sebuah rumah	17
Gambar 3.1.	Diagram alur penelitian	21
Gambar 3.2.	Diagram FAST	24
Gambar 3.3.	Hierarki pengambilan keputusan.....	28
Gambar 3.4.	Grafik fungsi dan biaya	30
Gambar 4.1.	Diagram FAST sesuai survey pendahuluan	31
Gambar 4.2.	Cost Breakdown Strukture	32
Gambar 4.3.	LCC Alternatif 1	35
Gambar 4.4.	LCC Alternatif 2	35
Gambar 4.5.	LCC Alternatif 3	36
Gambar 4.6.	Tingkat Hirarki Keputusan.....	36
Gambar 4.7.	Scaterplot cost & fungsi dari pilihan responden 1.....	51
Gambar 4.8.	Scaterplot cost & fungsi dari pilihan responden 2.....	53
Gambar 4.9.	Scaterplot cost & fungsi dari pilihan responden 3.....	55
Gambar 4.10.	Scaterplot hasil agregasi semua stakeholder.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Layanan Premium PLN.....	9
Tabel 2.2. Penetapan Tarif Layanan Khusus Premium Tarif <i>Adjustment</i> PLN 2017.....	10
Tabel 2.3 Tabel penelitian terdahulu	19
Tabel 3.1. Jenis Responden	26
Tabel 3.2. Perbandingan biaya masing - masing <i>alternative</i>	26
Tabel 3.3. Biaya investasi awal dan life cycle cost	27
Tabel 3.4. Pembobotan pada setiap alternatif pada masing - masing stakeholder	29
Tabel 3.5. Nilai fungsi dan cost pada masing masing alternatif	30
Tabel 4.1. Harga genset tahun 2010.....	32
Tabel 4.2. Perbandingan energi listrik tiap alternatif setiap tahun	33
Tabel 4.3. Biaya perawatan rutin setiap tahun	33
Tabel 4.4. Harga Gas Engine tahun 2010.....	34
Tabel 4.5. Initial cost dan LCC alternatif 1,2,3.....	35
Tabel 4.6. Matrik Kriteria	37
Tabel 4.7. Normalisasi Matrik Kriteria	37
Tabel 4.8. Matrix alternatif dengan kriteria initial cost	38
Tabel 4.9. Matrix alternatif dengan kriteria operation and maintenance cost ..	38
Tabel 4.10. Matrix alternatif dengan kriteria penghematan energi	39
Tabel 4.11. Matrix alternatif dengan kriteria recovery ketika blackout	39
Tabel 4.12. Matrix alternatif dengan kriteria tahan terhadap gangguan dari luar	40
Tabel 4.13. Matrix alternatif dengan kriteria mudah dalam perawatan	40
Tabel 4.14. Matrix alternatif dengan kriteria kontinuitas sumber energi	41
Tabel 4.15. Matrix alternatif dengan kriteria sumber energi yang mudah didapat	41
Tabel 4.16. Matrix alternatif dengan harga sumber energi yang kompetitif.....	42
Tabel 4.17. Ranking alternatif desain sistem kelistrikan	42
Tabel 4.18. Nilai rata rata eigen maks responden 1	43
Tabel 4.19. Matrix kriteria	44

Tabel 4.20. Normalisasi Matrik Kriteria	80
Tabel 4.21. Matrix alternatif dengan kriteria initial cost	45
Tabel 4.22. Matrix alternatif dengan kriteria O&M cost	80
Tabel 4.23. Matrix alternatif dengan kriteria penghematan energi	80
Tabel 4.24. Matrix alternatif dengan kriteria recovery ketika blackout.....	81
Tabel 4.25. Matrix alternatif dengan kriteria tahan terhadap gangguan dari luar..	81
Tabel 4.26. Matrix alternatif dengan kriteria mudah dalam perawatan	81
Tabel 4.27. Matrix alternatif dengan kriteria kontinuitas sumber energi	82
Tabel 4.28. Matrix alternatif dengan kriteria sumber energi yang mudah didapat	82
Tabel 4.29. Matrix alternatif dengan harga sumber energi yang kompetitif.....	82
Tabel 4.30. Ranking alternatif desain sistem kelistrikan	45
Tabel 4.31. Nilai rata rata eigen maks responden 2	46
Tabel 4.32. Matrix kriteria	47
Tabel 4.33. Normalisasi Matrik Kriteria	83
Tabel 4.34. Matrix alternatif dengan kriteria initial cost	47
Tabel 4.35. Matrix alternatif dengan kriteria O&M cost	83
Tabel 4.36. Matrix alternatif dengan kriteria penghematan energi	84
Tabel 4.37. Matrix alternatif dengan kriteria recovery ketika blackout.....	84
Tabel 4.38. Matrix alternatif dengan kriteria tahan terhadap gangguan dari luar..	84
Tabel 4.39. Matrix alternatif dengan kriteria mudah dalam perawatan	85
Tabel 4.40. Matrix alternatif dengan kriteria kontinuitas sumber energi	85
Tabel 4.41. Matrix alternatif dengan kriteria sumber energi yang mudah didapat	85
Tabel 4.42. Matrix alternatif dengan harga sumber energi yang kompetitif.....	85
Tabel 4.43. Ranking alternatif desain sistem kelistrikan	48
Tabel 4.44. Nilai rata rata eigen maks responden 3	48
Tabel 4.45. Rekapitulasi pilihan alternatif responden 1.....	49
Tabel 4.46. Rekapitulasi pilihan alternatif responden 2.....	51
Tabel 4.47. Rekapitulasi pilihan alternatif responden 3.....	53
Tabel 4.48. Pembobotan untuk setiap alternatif dari semua stakeholder	56
Tabel 4.49. Rekapitulasi Agregasi dari 3 responden	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 0	Rekapitulasi wawancara	67
Lampiran 1	Hasil wawancara survey pendahuluan engineering mall cws	70
Lampiran 2	Hasil wawancara survey pendahuluan engineer project cws	72
Lampiran 3	Hasil wawancara survey pendahuluan engineering hotel cws ...	74
Lampiran 4	SPK pembelian tahun 2010 dan gambar diesel engine	76
Lampiran 5	SPK pembelian tahun 2010 dan gambar Gas engine	77
Lampiran 6	Tabel perhitungan AHP Stake holder 2 (Engineer proyek)	80
Lampiran 7	Tabel perhitungan AHP Stake holder 3 (Owner)	83
Lampiran 8	Diagram Schematic alternatif 1	86
Lampiran 9	Diagram Schematic alternatif 2	87
Lampiran 10	Diagram Schematic alternatif 3	88

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia properti di Indonesia sangat pesat. Banyak developer besar saat ini berlomba membangun *superblock*, dimana dalam satu kawasan sudah lengkap sehingga penghuni tidak perlu keluar lagi dari area kompleks tersebut. Pada umumnya dalam satu kawasan *superblock* ada pusat perbelanjaan, hotel, apartemen, perkantoran, apartemen-kantor.

Sebuah kawasan superblok mempunyai kompleksitas yang tinggi, baik dalam proses pembangunan maupun nantinya ketika sudah beroperasi, sehingga diperlukan desain yang tepat di awal. Menurut Semiwati et al., (2017) kompleksitas proyek adalah salah satu penyebab terjadinya pembengkakan biaya konstruksi. Pemilihan sebuah desain sangatlah penting dikarenakan dengan pemilihan yang tepat diharapkan bisa mendapatkan hasil yang maksimal dari segi biaya *investment, operation & maintenance*, kecepatan penyelesaian proyek, kehandalan sistem ketika operasional.

Ketika sebuah desain tidak tepat, maka akan banyak masalah di operasional sebuah gedung. Akibat dari salah desain ini akan menyebabkan terganggunya operasional dan akan keluar biaya perbaikan yang seharusnya tidak diperlukan. Menurut Fuadie (2017), pada penelitian proyek Pertamina, dampak yang ditimbulkan dari kesalahan desain adalah hasil tidak dapat digunakan atau tidak optimal, operasional terganggu, perlu biaya dan waktu untuk perbaikan, timbulnya konflik, menjadi temuan dan timbul resiko keselamatan dan kesehatan kerja.

Proyek Ciputra World Phase 3 berlokasi di Surabaya, terdiri dari Mall Extension Ciputra World 7 lantai, Hotel Bintang 3 dengan 22 lantai, SOHO dengan 31 lantai dan Office dengan 31 lantai. (detail bisa dilihat pada Gambar 1.1 & 1.2). Dengan banyaknya gedung yang saling terkait pada proyek Ciputra World phase 3, maka kompleksitasnya semakin tinggi. Ketika ada gangguan dari PLN, maka semua gedung ingin waktu recoverynya paling cepat. oleh karena itu diperlukan pemilihan desain yang tepat (sistem kelistrikan PLN kombinasi dengan genset). Dalam penentuan desain yang akan digunakan, ada beberapa pertimbangan

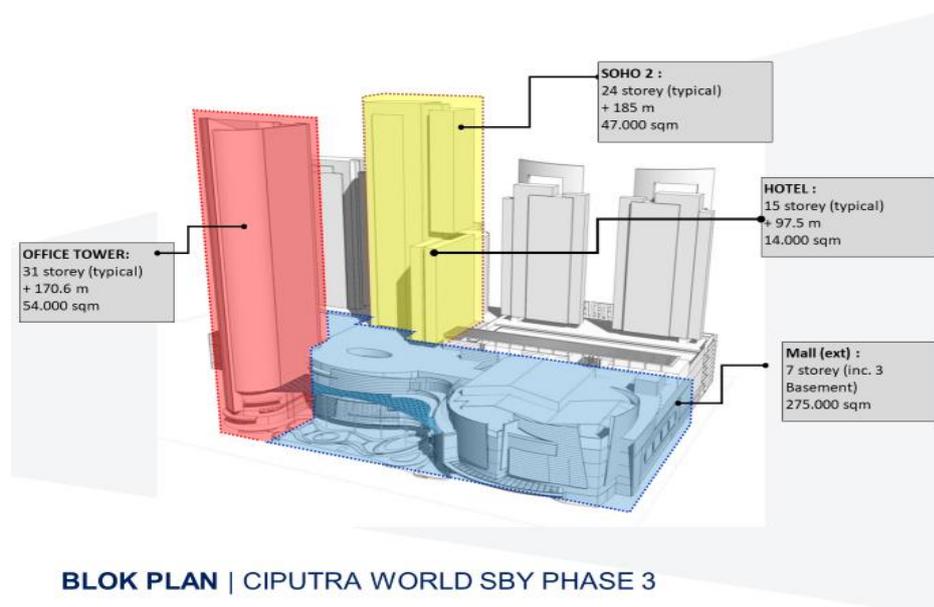
sehingga keputusan yang diambil adalah alternatif yang paling efektif, efisien dan bisa diterima oleh semua *stakeholder* (baik *project team*, operasional dan *owner*).

Beberapa pertimbangan dalam penentuan desain pada proyek ini adalah *initial cost*, *operation & maintenance*, kehandalan sistem dan waktu pelaksanaan, ketersediaan sumber daya, penghematan energi selama operasional gedung.



Gambar 1.1. Gambaran gedung Ciputra World Phase 1 – 3

Sumber : PT Win Win Realty Centre, 2017



Gambar 1.2. *Layout* Ciputra World Phase 3

Sumber : PT Win Win Realty Centre, 2017

Ada beberapa pembangkit listrik yang bisa dikombinasikan dengan PLN, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga uap seperti Paiton. Pembangkit ini biaya per kwh cukup murah, namun untuk dipakai di pemukiman padat penduduk sulit diaplikasikan. Menurut Mayasari (2012), pembangkit listrik tenaga uap memberikan dampak negatif misal pencemaran udara, air dan suara sekitar.

Untuk energi baru terbarukan pembangkit listrik tenaga surya bisa diaplikasikan di superblok Ciputra World phase 3, namun secara *kontinuitas* tidak bisa 24 jam dan kapasitas tidak bisa seperti tenaga diesel maupun gas karena membutuhkan area yang luas dan biaya investasi cukup besar dan jika dihitung nilai investasinya tidak menguntungkan karena masa pengembalian masa investasi yang cukup panjang. Menurut Jufrizel dan Irfan (2017), analisa ekonomi perancangan PLTS gedung terpadu Pertamina di Dumai dengan kapasitas 496 kwh per hari, biaya yang dikeluarkan 6,2 milyar dengan masa payback periode 18 tahun. Selain pembangkit listrik tenaga surya, ada pembangkit listrik tenaga angin yang sumbernya energinya tersedia sepanjang tahun di Surabaya. PLTB belum banyak dipakai di area komersial, PLTB banyak dipakai di area terpencil yang belum dijangkau oleh PLN. Meskipun harga per kwh lebih mahal dibanding PLN, namun untuk daerah yang belum bisa dijangkau oleh PLN penggunaan PLTB ini bisa diaplikasikan. Menurut penelitian LAPAN, PLTB dengan kapasitas 10Kw harga per kwh adalah Rp 2.607,- jauh lebih mahal dibanding harga PLN Rp 1.035,-/kwh untuk tarif bisnis. Ketika dianalisis menggunakan metode NPV, IRR maupun BCR investasi PLTB dengan kapasitas 10KW hasilnya tidak layak.

Ciputra World Phase 1 (Mall & Apartemen) menggunakan sistem PLN 1 unit dikombinasikan dengan *Gas Engine* dan Diesel, dalam sisi operasionalnya membutuhkan biaya *maintenance* cukup tinggi, investasinya lebih mahal dibanding PLN – Diesel, namun sistem ini untuk harga listrik per kwh jauh lebih murah dibanding dengan harga PLN dan lebih tahan terhadap gangguan dari luar/ PLN. Jika PLN mengalami gangguan atau PLN mengalami defisit energi listrik, maka operasional gedung ciputra tidak terpengaruh dengan sistem ini.

Ciputra World Phase 2 (Apartemen dan Hotel) menggunakan sistem PLN 1 unit dikombinasikan dengan Diesel, dalam sisi operasionalnya membutuhkan biaya

sangat tinggi karena harga PLN naik terus tiap tahun dan rentan terhadap gangguan dari luar atau PLN, misal ketika musim hujan sering lampu mati dan tiap kali lampu mati bisa menyebabkan kerusakan pada peralatan elektronik, namun dari sisi finansial investasinya cukup kecil.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, untuk pemilihan alternatif desain yang memungkinkan berdasarkan pada observasi proyek-proyek sebelumnya dan studi literature antara lain

- A. PLN 1 unit – *Diesel*
- B. PLN 1 unit – *Gas Engine – Diesel Engine*
- C. PLN 2 Unit – *Gas Engine*

Setiap desain tentu memiliki kelebihan dan kekurangan masing masing, kelebihan dan kekurangan ini dianalisa dengan metode *Value based* sehingga desain alternatif yang dipilih adalah yang mempunyai nilai tertinggi dimana fungsi melebihi biaya yang dikeluarkan. Jika nilai dari alternatif di bawah 1 atau biayanya lebih tinggi dari fungsi, maka bisa dikatakan bahwa ada biaya yang tidak perlu dalam opsi solusi teknis (Utomo, 2010). Sistem elemen bangunan selalu mempunyai *cost* estimasi yang riil, sehingga metode *value based decision* tepat digunakan karena metode ini memisahkan antara *cost* dan fungsi yang diperoleh.

Dalam menentukan pilihan desain tentu melibatkan banyak pihak (team operasional & proyek) karena setiap pihak tentu mempunyai preferensi masing masing. Keputusan kelompok berbasis nilai sangat rumit karena banyak pihak terlibat. Ada kekhawatiran berbeda karena perbedaan preferensi, pengalaman, dan latar belakang (Utomo, 2010). Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem pendukung untuk memungkinkan setiap pemangku kepentingan mengevaluasi dan memberi peringkat alternatif solusi sebelum melakukan negosiasi dengan pemangku kepentingan lainnya. Sistem pendukung didasarkan pada kombinasi antara analisis berbasis nilai, pengambilan keputusan kelompok multi kriteria berdasarkan pilihan yang memuaskan. Berdasarkan pengalaman yang terjadi di dua phase sebelumnya, diharapkan bisa memberikan masukan atau kriteria sehingga bisa dilakukan evaluasi pada masing - masing alternatif. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu manajemen Ciputra World dalam menentukan desain sistem kelistrikan berbasis nilai dari alternatif yang ada.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dikemukakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alternatif apa yang akan dipilih oleh masing masing stakeholder?
2. Manakah desain sistem kelistrikan pada proyek Ciputra World phase 3 yang terbaik dengan menggunakan metode *Value Based Decision berbasis agregasi dari semua stake holder?*

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui alternatif yang akan dipilih oleh masing masing stakeholder.
2. Mendapatkan desain sistem kelistrikan yang terbaik pada proyek Ciputra World phase 3 dengan menggunakan metode *Value Based Decision dari agregasi semua stake holder.*

1.4 Manfaat Penelitian

Tesis ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut:

1. Menambah referensi ilmu pengetahuan dalam pengambilan keputusan kelompok berbasis nilai.
2. Hasil penelitian ini bisa jadi referensi penelitian selanjutnya, terkait *value management* pada bidang manajemen proyek yang berhubungan dengan *value based decision.*
3. Dengan alternatif yang ada diharapkan keputusan yang diambil bisa memberi banyak manfaat bagi perusahaan, baik saat ini maupun kedepannya.
4. Hasil penelitian ini bisa dibuat acuan oleh gedung gedung yang mempunyai tipe mirip seperti area superblok Ciputra World Surabaya terkait pengambilan keputusan dalam desain masalah kelistrikan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang dianalisa pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi dilakukan di superblok Ciputra World Surabaya phase 3.
2. Nilai sisa dari investasi peralatan diabaikan

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini terbagi dalam beberapa bab antara lain :

Bab 1 : Pendahuluan

Bab pendahuluan merupakan tahapan awal penelitian. Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan penelitian.

Bab 2 : Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi landasan teori mulai dari definisi, dasar teori dan penelitian lain yang terkait dengan pengambilan keputusan.

Bab 3 : Metodologi Penelitian

Bab ini berisi metode, yaitu metode dan langkah langkah yang dilakukan didalam penelitian dengan menggunakan FAST, LCC, AHP, “ Value =F/C “

Bab 4 : Analisis dan Pembahasan

Pada bab ini, data yang ada akan dianalisa menggunakan FAST, LCC, AHP dan Value = F/C untuk mendapatkan nilai dari masing masing stake holder dan agregasinya.

Bab 5 : Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kelistrikan

Berdasarkan sumber energinya, sistem kelistrikan pada bangunan gedung bertingkat di Indonesia dibagi menjadi dua sumber yaitu Sumber Listrik dari PLN dan Sumber Listrik dari Genset, dimana sumber listrik gedung ini memprioritaskan PLN sebagai sumber utama dan genset sebagai cadangan (*Diesel engine* maupun *gas engine*), sebagai contoh di gedung Smart Tellecom sumber Energi listrik dari PLN sebesar 1200KVA dan genset back up sebesar 1735 dan 264KVA (Affan, 2009).

Adapun kelebihan pembangkit dengan *diesel engine* dibanding pembangkit lainnya adalah sebagai berikut :

- a. Harga investasi lebih murah dibanding pembangkit listrik tenaga gas, batu bara, air dll
- b. Bisa dinyalakan dengan cepat dan mampu dibebani dalam waktu singkat (± 10 detik)
- c. Sistem bahan bakar dan pendinginan sederhana sehingga proses pengerjaannya lebih cepat dibanding pembangkit berbahan bakar lain.
- d. Lahan yang diperlukan untuk membangun pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) lebih kecil dibanding pembangkit tipe lain dengan kapasitas yang sama.
- e. Bisa ditempatkan dekat dengan sumber beban

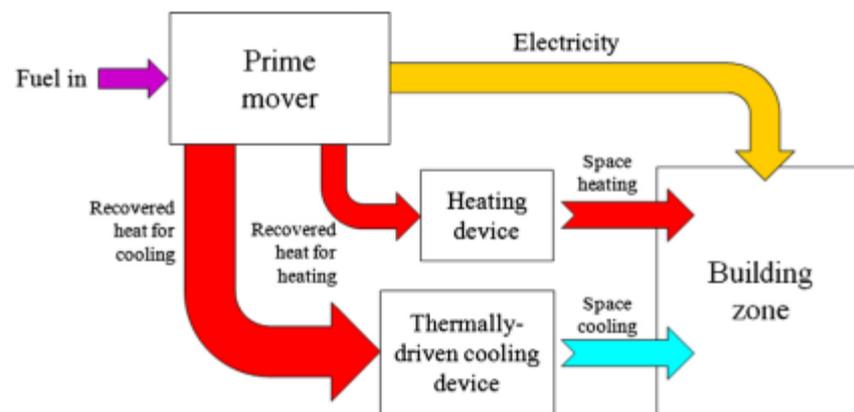
Kekurangan dari pembangkit listrik tenaga diesel adalah sebagai berikut :

- a. Biaya bahan bakarnya (solar) tergolong mahal dan bergantung dengan perubahan harga minyak dunia yang cenderung naik dari tahun ke tahun.
- b. Menimbulkan polusi udara dan suara berisik
- c. Sistem operasi kurang efisien bahkan tergolong boros pada kondisi beban rendah.

Dalam perkembangannya, semakin mahalnya harga energi maka perusahaan sudah memakai *Gas Engine* (bahan bakar gas alam) sebagai energi utama selain dari PLN. Selain harga listrik yang lebih murah, *exhaust gas* dari *gas engine* bisa digunakan untuk menghasilkan *cooling* maupun *heating* yang bisa dimanfaatkan.

Menurut Amriadi (2013), bagian terbesar dari operasional pembangkit listrik adalah bahan bakar yaitu sekitar 80%. Dengan harga gas alam yang cukup murah di Surabaya, maka gas alam bisa digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik. Beberapa lokasi sudah menerapkan kombinasi antara PLN paralel dengan *Gas engine* seperti Mall of Indonesia, Sumarecon Kelapa Gading, Grand Indonesia dan lain-lain. Adapun kelebihan *gas engine* adalah sebagai berikut (PT BMJ, Genset Mitsubishi power generation):

- a. Memiliki efisiensi yang tinggi sehingga biaya operasional pembangkit (rupiah per kwh) rendah.
- b. Emisi yang rendah
- c. Gas buang knalpot bisa dimanfaatkan menjadi pendingin udara central



Gambar 2.1. *Gas Engine created Electricity, heating and cooling.*

Sumber: Fong & Lee (2014)

Menurut sebuah penelitian di Hongkong, adopsi PLN dan genset berbahan bakar gas (*Gas Engine*) di sebuah gedung bertingkat (Mall-Hotel), selain memberikan kehandalan sistem juga bisa memberikan penghematan di sisi operasional karena *gas engine* bisa menghasilkan air panas untuk laundry, mandi dan menciptakan energi dingin melalui *absortion chiller*. Dengan memanfaatkan gas buang dari *gas engine* untuk *absortion chiller* maka total pengurangan emisi carbon dioksida sebesar 26,7% jika dibanding dengan menggunakan chiller sistem konvensional (Fong & Lee, 2014). Untuk detail *schematic system gas engine* di gedung dijelaskan di Gambar 2.1.

Beberapa perusahaan di Indonesia yang memerlukan kehandalan tinggi menggunakan paket premium dari PLN dengan konsekuensi sedikit lebih mahal (3

-10 %) detail harga bisa dilihat pada Tabel 2.2, namun mendapat prioritas utama dari PLN misal PT. Agincourt Resources, dengan menjadi pelanggan platinum premium, Tambang Emas Martabe akan mendapatkan layanan khusus dari PLN yaitu tingkat kehandalan tinggi dan tidak akan mengalami gangguan dalam proses produksi. Selain itu, pembangkit listrik sendiri yang dimiliki oleh Tambang Emas Martabe akan bisa sinkron dengan PLN (kompas.com). Selain industri tambang, RSCM (Cipto mangunkusumo) Jakarta Pusat juga memanfaatkan layanan premium dari PLN karena pasokan listrik sangat penting misal saat melakukan operasi jika listrik padam dalam waktu lama maka bisa mengakibatkan terancamnya nyawa orang (Annualreport.id).

Dengan paket premium (sumber PLN lebih dari 1), maka pemadaman listrik akibat kekurangan pasokan akan sangat kecil, karena pelanggan akan mendapat kompensasi ketika pemadaman dalam jangka waktu yang lama atau sering. Beberapa paket premium yang ditawarkan PLN terhadap pelanggan bisa dilihat dari Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Layanan Premium PLN



LAYANAN PREMIUM

Lampiran KOMITE-NIAGA NO. 005 K/KOMITE-NIAGA/DIR /2014 Tanggal 28 Agustus 2014
MATRIK LAYANAN KHUSUS PREMIUM
TEGANGAN MENENGAH DAN TEGANGAN TINGGI

No	Poin Plus	Platinum	Gold	Silver	Bronze
1.	Load curtailment (pengurangan daya sementara saat sistem PLN krisis)	tidak	Urutan terakhir	tidak	Urutan terakhir
2.	Pemasangan UFR (kemungkinan padam otomatis bila sistem PLN Krisis)	tidak	Urutan terakhir	tidak	Urutan terakhir
3.	Paralel pembangkit milik sendiri	100 %*)	100 %*)	tidak	tidak
4.	Pengurangan tagihan bila terjadi pemadaman	Ya	Ya	Ya	Ya
5.	Pengurangan tagihan bila terjadi pengurangan daya (load curtailment)	Ya	tidak	Ya	tidak
6.	Harga layanan (Rp/kWh) di atas tarif reguler	130	105	55	30
7.	Jam nyala minimum (jam)	200	235	110	110

*) Maksimal Kapasitas Pembangkit (name plate) paralel thd daya tersambung


www.pln.co.id |

Sumber : PLN Rayon dukuh kupang Surabaya, 2017

Tabel 2.2 :Penetapan Tarif Layanan Khusus Premium Tarif

Adjustment PLN 2017

Tarif	Layanan Premium		Rp Tarif Leguler Adjusted	Rp/kWh di atas tarif reguler	Rp/kWh Penetapan
LB3/ TM, LI3/TM,LP2/ TM	<i>Platinum</i>	WBP	1.553,67	130,00	1.683,67
		LWBP	1.035,78	130,00	1.165,78
		kVArh	1.114,74	0,00	1.114,74
	<i>Gold</i>	WBP	1.553,67	105,00	1.685,67
		LWBP	1.035,78	105,00	1.140,78
		kVArh	1.114,74	0,00	1.114,74
	<i>Silver</i>	WBP	1.553,67	55,00	1.608,67
		LWBP	1.035,78	55,00	1.090,78
		kVArh	1.114,74	0,00	1.114,74
	<i>Bronze</i>	WBP	1.553,67	30,00	1.583,67
		LWBP	1.035,78	30,00	1.065,78
		kVArh	1.114,74	0,00	1.114,74

Sumber: Staf Contact Center PLN 123

2.2 Desain

Desain dapat diartikan sebagai *roadmap* atau pendekatan strategis bagi seseorang untuk mencapai harapan yang unik (Fuadie, 2017). Desain mendefinisikan spesifikasi, rencana, parameter, biaya, kegiatan, proses bagaimana dan apa yang harus dilakukan dalam batasan hukum, politik, sosial, lingkungan, keselamatan dan ekonomi dalam mencapai tujuan tersebut (Kumaragamage, 2011)

Dengan menitikberatkan pada proses, menurut Gero dan Mc Neil (1998), menyatakan bahwa desain adalah proses yang terdiri dari serangkaian kegiatan yang berbeda - beda , yang dilaksanakan pada periode yang berbeda dengan waktu yang terukur dimana tingkat pengalaman dari pelaku desain berakibat pada bagaimana pekerjaan desain tersebut diselesaikan, terlihat dari pola pekerjaan yang dilakukan oleh desainer tersebut.

Menurut Klein et al., (2003), yang lebih melihat dari sudut pandang obyek desain, menyatakan bahwa desain, baik itu desain untuk suatu yang bersifat fisik maupun desain perilaku, adalah perwujudan dari kumpulan isu isu atau parameter yang masing masing memiliki nilai unit.

Menurut Koutsikouri et al., (2008), keberhasilan proyek juga tergantung pada apa yang terjadi pada tahap awal proyek, yaitu pada tahap diskusi dan pemahaman mengenai skema dan konsep desain. Pada tahap ini, *engineer* dan teknisi mendapatkan kesempatan untuk memberikan pengaruh pada arsitektur dan memastikan dasar - dasar *engineering* yang penting dalam desain. Yang terpenting, pada tahap awal desain adalah memungkinkan bagi *engineer* untuk berpikir kreatif dan memberikan solusi - solusi pekerjaan yang merupakan bagian paling menyenangkan dari proses desain.

Dalam penelitian yang ditulis oleh Suther (1998), disebutkan bahwa desain menggabungkan spesifikasi untuk memandu kontraktor dalam mengembangkan sarana dan metode konstruksinya (Fuadie, 2017).

2.3 Value

Menurut Kurniawan (2009), *value* ditentukan oleh fungsi dan kegunaannya, sedangkan menurut Kelly and Male, (1993), *value* adalah ukuran yang dinyatakan dalam mata uang, usaha, pertukaran atau pada skala komparatif yang mencerminkan keinginan untuk mendapatkan atau mempertahankan barang atau jasa.

Ada empat jenis nilai (*value*) yang bisa dipertimbangkan dalam perencanaan menurut Kurniawan (2009) yaitu:

1. Nilai kegunaan (*Use value*)

Adalah nilai yang menggambarkan seberapa besar tingkat kegunaan atau tingkat pelayanan yang akan diperoleh akibat terpenuhinya fungsi dari suatu desain produk, pada umumnya sangat tergantung pada sifat dan kualitas produk.

2. Nilai kebanggaan (*Esteem value*)

Nilai ini dapat membangkitkan kesan atau image terhadap konsumen yaitu seberapa besar produk tersebut dapat memberi kepuasan terhadap konsumen untuk memenuhi sifat-sifat khusus produk seperti: daya tarik, keindahan dan prestise produk.

3. Nilai tukar (*Exchange value*)

Nilai ini menunjukkan seberapa besar konsumen mengeluarkan biaya untuk mendapatkan produk tersebut.

4. Nilai biaya (*Cost value*)

Adalah nilai yang menunjukkan seberapa besar biaya total yang diperlukan untuk menghasilkan produk serta memenuhi semua fungsi yang diinginkan. Sedangkan pengertian *value* menurut Iman Soeharto (1995) dalam kurniawan (2009), :

$$Value = \frac{Function}{Cost} \dots \dots \dots 2.1$$

Sedangkan menurut Senin (2007), teknologi nilai sebagai teori fungsi nilai adalah berkembang di bidang studi nilai. Senin telah menyajikan nilai teknologi sebagai suatu teori nilai baru dengan dua hal yaitu teori filosofis dan teori ilmiah. Teknologi nilai kepada pembeli adalah layak untuk dia melakukan fungsi yang diperlukan. Dengan kata lain, $V(x) = W(x)$ apakah pembeli bersedia mengorbankan untuk mendapatkannya. Untuk pengguna, teknologi nilai adalah rasio biaya site dan fungsi tersebut diperlukan atau menuntut biaya sebenarnya disite untuk dievaluasi. Dengan kata lain, $VI(x) = W(x)/C(x)$, dimana $C(x)$ adalah biaya siklus hidup Nya. Teknologi nilai produsen adalah *opportunity cost* $c(x)$ memproduksi artefak yang telah dirancang, diproduksi dan hanya fungsi-fungsi yang pelanggan perlu atau ingin. Indeks nilai untuk produser kemudian adalah $VI(x) = c(x)/C(x)$, indeks rasio ideal untuk fungsi sebenarnya.

Value management adalah adalah suatu usaha yang terorganisasi yang diarahkan untuk menganalisis fungsi fungsi barang dan jasa untuk meraih fungsi yang diperlukan serta karakteristik yang essensial dengan cara yang paling menguntungkan (Utomo 2014). Sebuah proyek konstruksi di China bisa melakukan penghematan sekitar 8% dengan menerapkan VM (Shen dan Liu, 2004), sedangkan menurut Macido et al. (1978), Wan (2006), Norton dan Mc Elligot (1995) dengan menerapkan VM akan mendapatkan *cost* efisiensi.

2.4 Function Analysis System Technique

FAST (*Function Analysis System Technique*) adalah suatu metode menganalisa mengorganisir dan mencatat fungsi fungsi dari suatu sistem,

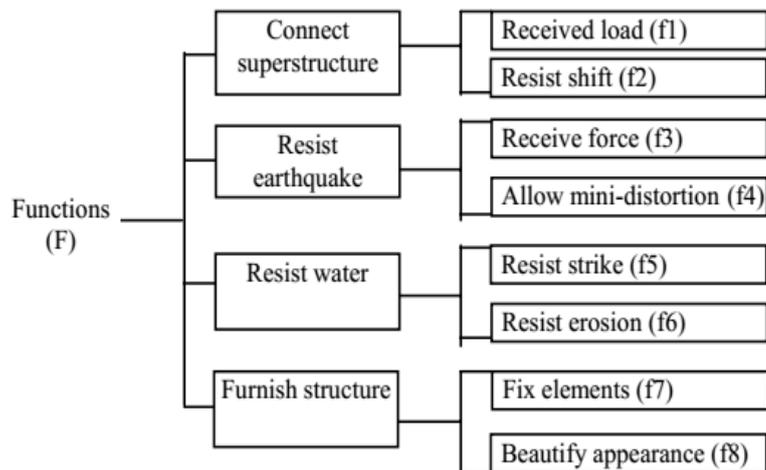
rancangan, proses, fasilitas suplai untuk menstimulasi pemikiran dan kreatifitas (Kurniawan, 2009). Analisis Fungsi adalah proses sistematis untuk mengidentifikasi fungsi dan biaya yang terkait, dan menilai kebutuhan fungsi tersebut berdasarkan kriteria yang ditetapkan untuk produk atau layanan (Utomo et al., 2014).

Menurut Pasaribu dkk., (2016), FAST (*Functional Analysis System Technique*) adalah teknik penyusunan diagram secara sistematis untuk mengidentifikasikan fungsi-fungsi dan menggambarkan keterkaitan antar fungsi-fungsi tersebut. Fungsi dinyatakan sebagai gabungan kata kerja dan kata benda. Beberapa istilah yang digunakan pada metode FAST antara lain: fungsi utama, fungsi ini merupakan fungsi batas yang menggambarkan kegiatan utama yang harus ditampilkan oleh sistem, tanpa fungsi ini sistem akan kehilangan identitas. Fungsi bebas, fungsi ini keberadaannya tidak tergantung pada fungsi-fungsi lain dan bisa berupa fungsi utama atau fungsi sekunder.

Fungsi pendukung, fungsi ini diadakan untuk meningkatkan penampilan dari fungsi-fungsi pada jalur kritis. Fungsi tingkat tinggi, fungsi dasar merupakan fungsi tingkat tertinggi yang berada dalam batas lingkup masalah. Fungsi ini ditemukan dengan pertanyaan “Mengapa fungsi itu harus dilaksanakan?”. Fungsi tingkat rendah, fungsi ini dapat ditambahkan dengan mengajukan pertanyaan “bagaimana fungsi itu dilaksanakan?”. Fungsi jalur kritis, adalah semua fungsi secara berurutan menjelaskan bagaimana dan mengapa dari fungsi lain dalam urutan tersebut. Lingkup masalah adalah batas-batas pembahasan dari masalah yang dihadapi. Pada diagram FAST ditunjukkan sebagai daerah yang dibatasi oleh dua garis vertikal yang masing-masing berbatasan dengan fungsi tingkat tinggi dan tingkat rendah.

Diagram FAST disusun berdasarkan hierarki fungsi, fungsi tingkat tinggi diletakkan sebelah kiri sedangkan fungsi tingkat rendah diletakkan di sebelah kanan. Pembuatan diagram FAST biasanya dimulai dari fungsi dasar yang telah ditentukan sebelumnya. Fungsi dasar berada dalam lingkup masalah yang akan dibahas, sedangkan fungsi tingkat rendah diluar batas lingkup masalah. Fungsi–fungsi diluar batas lingkup masalah merupakan suatu keadaan yang harus diterima. Diagram FAST dilakukan dengan menggunakan dua buah pertanyaan yaitu: bagaimana (*how*) dan mengapa (*why*).

FAST diagram adalah tools yang digunakan untuk menganalisis fungsi produk dalam *value analysis*. Dengan FAST diagram, semua fungsi produk tersusun secara skematis mulai dari fungsi utama dan fungsi turunan (Firmansyah,2011). Untuk contoh FAST diagram bisa dilihat pada Gambar 2.2, bagaimana diagram FAST untuk pemilihan material “*support bridge*”.



Gambar 2.2. Diagram FAST

Sumber : Utomo & Idrus (2010)

2.5 Life Cycle Cost

Definisi *LCCA* sebagai suatu penilaian ekonomi terhadap suatu lingkup, area, sistem dan fasilitas dengan menggunakan berbagai desain alternatif yang bersaing, serta tetap mempertimbangkan semua biaya kepemilikan yang penting selama masa hidup proyek tersebut (Dell’Isola, 1981).

Menurut Pasaribu dkk. (2016), biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi, dan mengaplikasikan produk. Penghasil produk selalu memikirkan akibat dari biaya terhadap kualitas, kehandalan, dan perawatan karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai. Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*).

Biaya dalam bentuk *life cycle cost* (LCC) adalah kriteria kedua dalam nilai. Istilah 'LCC' berarti sebuah proses untuk mengevaluasi nilai ekonomi total dari segmen proyek yang dapat digunakan dengan menganalisis biaya awal dan biaya masa depan yang diskonto.

Dalam menghitung LCCA metode yang digunakan adalah *Net Present Worth* yakni menghitung nilai biaya yang dikeluarkan saat ini kemudian dihitung pada jangka tahun kedepan (Scheving 2011 dalam Wisena 2015).

Istilah 'biaya siklus hidup' (LCC) berarti proses untuk mengevaluasi total nilai ekonomi proyek dapat digunakan dengan menganalisis biaya awal dan *discounted future costs* (biaya masa depan), seperti pemeliharaan, dan biaya pengguna atas kehidupan proyek. Biaya siklus hidup (LCC) adalah proses desain penting untuk mengendalikan biaya awal dan masa depan kepemilikan bangunan. LCC dapat dilaksanakan pada setiap tingkat proses desain dan dapat menjadi alat yang efektif untuk evaluasi sistem bangunan yang ada. LCC persamaan dapat dipecah menjadi tiga variabel: biaya terkait kepemilikan, periode waktu di mana biaya-biaya tersebut dikeluarkan, dan tingkat diskon yang diterapkan untuk masa depan biaya untuk menyamakan mereka dengan biaya sekarang. Untuk perhitungan LCC, berikut persamaan yang digunakan adalah *Present Worth (PW) of LCC = Investment Cost + PW of Operation Cost + PW of Maintenance cost + PW of Energy cost + PW of replacement cost + PW replacement cost + PW of Salvage Value* (Utomo & Idrus 2010).

Present worth (PW) bisa dihitung dengan teori *time value of money* dengan persamaan dibawah ini:

$$P = F \times \frac{1}{(1+i)^n} \dots\dots\dots (2.2)$$

$$P = A \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n} \dots\dots\dots (2.3)$$

- Dimana: P = *Present value*
- F = *Future value*
- A = *Annual value*
- I = *Interest rate %*
- N = *periode (tahun)*

2.6 Analytical Hierarchy Process

Analytical Hierarchy Process dikembangkan oleh Thomas L.Saaty pada tahun 1970-an. Metode ini merupakan salah satu model pengambilan keputusan

multi kriteria yang dapat membantu kerangka berpikir manusia dimana faktor logika, pengalaman, pengetahuan, emosi, dan rasa dioptimalkan ke dalam suatu proses sistematis.

Menurut Chumaidi (2017), *Analytical Hierarki Process* digunakan untuk menentukan nilai masing masing alternatif dengan pembobotan masing masing kriteria yang bisa didapat dari hasil survei kepada responden. Sejalan dengan penelitian diatas, menurut Utomo dan Idrus (2010), *Analytical Hierarki Process* juga dipakai dalam penentuan *value based decision* dalam penentuan material jembatan dimana fungsi dari masing masing alternatif dan biaya dilakukan perhitungan sehingga didapat nilai dari masing masing alternatif tersebut.

Tidak hanya dalam penelitian material jembatan dan metode kerja saja, AHP juga bisa dipakai dalam pemilihan kontraktor, di Turki sebuah developer dalam tender ketika memilih sebuah main atau sub kontraktor menggunakan analisa AHP dengan memasukan *Criteria technical record - financial stability* dalam beberapa tahun kedepan - *performance record* dari proyek sebelumnya dengan memasukan bobot masing masing kriteria dan perhitungan matriks maka bisa muncul nilai dari masing masing kontraktor (Erdogan et al., 2017). Menurut Saaty (2005), metode analisis AHP dapat diterapkan untuk berbagai macam masalah yang luas, mulai dari memilih sebuah politisi, minuman yang paling disukai Amerika, sampai desain sebuah gedung. Secara khusus AHP dapat digunakan untuk persoalan keputusan dari jenis berikut ini :

- a. Menetapkan prioritas
- b. Menghasilkan alternatif
- c. Menentukan kriteria
- d. Memecahkan masalah

2.7 Langkah – langkah Metode AHP

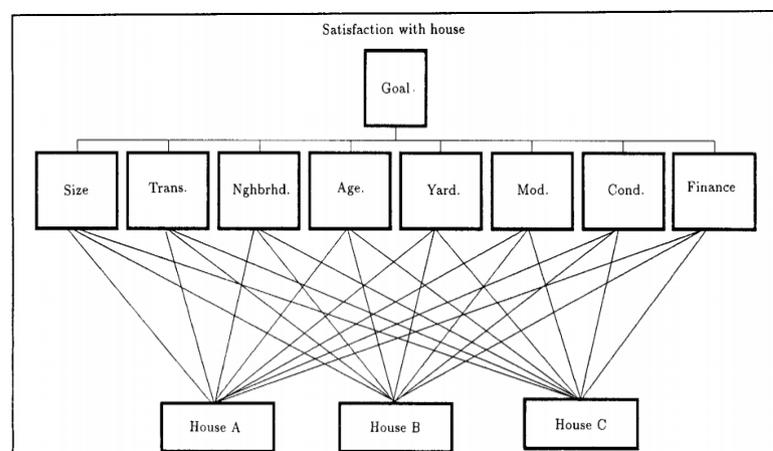
Langkah - langkah dasar dalam pelaksanaan metode AHP adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan masalah dan menetapkan tujuan. Tahap ini merupakan tahap pengembangan alternatif.

2. Menyusun masalah dalam struktur hirarki. Setiap permasalahan yang kompleks dapat ditinjau dari sisi yang detail dan terstruktur.
3. Menyusun prioritas untuk tiap elemen masalah pada tingkat hirarki. Proses ini menghasilkan bobot elemen terhadap pencapaian tujuan, sehingga elemen dengan bobot tertinggi mendapatkan prioritas penanganan. Pada tahap ini disusun perbandingan berpasangan yang ditransformasikan dalam bentuk matriks, yang disebut sebagai matriks perbandingan berpasangan.
4. Pengujian konsistensi terhadap perbandingan antar elemen yang didapatkan pada setiap tingkat hirarki. Konsistensi perbandingan bertujuan untuk memastikan bahwa urutan prioritas perbandingan yang dihasilkan didapatkan dari suatu rangkaian perbandingan yang masih berada dalam batas batas preferensi logis.

2.8 Penyusunan Struktur Hirarki Masalah

Pembentukan hirarki struktural bertujuan untuk memecahkan masalah yang kompleks dan telah disusun menjadi suatu bentuk hirarki. Suatu struktur hirarki yang terdapat pada metode AHP terdiri elemen elemen yang dikelompokkan pada beberapa tingkatan, dimulai dari tingkatan paling atas yang merupakan tujuan masalah yang ingin dipecahkan kemudian dilanjutkan ke tingkatan dibawahnya yaitu kriteria. Dibawah tingkatan kriteria tingkatan paling bawah yaitu alternatif sebagai pilihan yang hendak dipilih. Suatu hirarki dapat dibentuk dengan menggunakan kombinasi antara ide, pengalaman, dan pandangan orang lain. Contoh struktural penyusunan sebuah pemilihan kepuasan sebuah rumah bisa dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3. Pemilihan kepuasan sebuah rumah.

Sumber : Saaty (2002)

2.9 Satisficing Option

Satisficing adalah strategi yang ditujukan untuk mencapai hasil yang memuaskan semua kelompok pemangku kepentingan, bukannya mencapai hasil maksimal sebuah indikator kinerja tertentu. Dalam *satisficing* model pemikiran dibatasi oleh rasionalitas terbatas, yaitu menyederhanakan permasalahan yang paling esensial tanpa melibatkan seluruh permasalahan (Jasriel dan Mustakim 2011).

Salah satu perkembangan baru dalam teori pengambilan keputusan ialah berkembangnya pendapat yang mengatakan bahwa manusia tidak memiliki kemampuan untuk mengoptimalkan hasil dengan menggunakan berbagai kriteria yang telah dibahas diawal. Pengambilan keputusan tidak dapat didekati semata-mata dengan prosedur yang sepenuhnya didasarkan pada rasionalitas dan logika. Pengambil keputusan dapat memastikan semua konsekuensi tindakan yang akan diambil, baik yang menguntungkan maupun tidak. Model *satisficing* berarti pengambil keputusan memilih alternatif solusi yang memenuhi criteria keputusan minimal. Dalam penggunaan model *satisficing* tetap ada tempat bagi pertimbangan berbagai jenis alternatif yang mungkin ditempuh.

Menurut Suryadi, 1998 dalam Jasriel dan Mustakim langkah – langkah model pengambilan keputusan *The satisficing models* adalah

1. Penetapan tujuan pengambilan keputusan berkaitan dengan adanya masalah tertentu.
2. Menyederhanakan masalah
3. Penetapan standart minimum dari serangkaian alternatif yang dibatasi
4. Mengidentifikasi serangkaian alternatif yang dibatasi.
5. Menganalisis dan membandingkan setiap alternatif.
6. Apakah alternatif yang memenuhi kendala lebih besar atau sama dengan standart minimum dari serangkaian keputusan.
7. Jika ya, pilih salah satu alternatif yang dianggap terbaik.
8. Jika tidak, dilakukan kembali pencarian alternatif seperti pada langkah ke 5

2.10 Posisi Penelitian

Tujuan dari *review* jurnal dan tinjauan pustaka terhadap penelitian terdahulu adalah agar penulis dapat mengetahui posisi penelitian saat ini. Pada penelitian ini

yang dijadikan rujukan adalah penelitian-penelitian yang mempunyai pembahasan yang ada kaitannya dengan sistem pengambilan keputusan dan metodologi yang digunakan. Adapun lingkup penelitian dan metodologi yang digunakan pada penelitian terdahulu seperti yang terlihat pada tabel 2.3.

Berdasarkan Tabel 2.3, yang membedakan dan memposisikan penelitian ini terhadap penelitian terdahulu diantaranya:

- 1) Terhadap penelitian no 1 dan 2 Pengambilan keputusan hanya berbasis AHP tidak membandingkan antara fungsi dan biaya
- 2) Terhadap penelitian no 3 Pengambilan keputusan tidak berbasis kelompok
- 3) Terhadap penelitian no 4, pengambilan keputusan dalam konstruksi sipil, penelitian ini tentang mekanikal elektrik

Tabel 2.3. Penelitian terdahulu

No.	Lingkup Penelitian	Metode yang digunakan	Penulis
1	<i>Decision making in construction management</i>	AHP and <i>Choice expert</i>	Seyit Ali Erdogan (2017)
2	<i>Decision Making with the Analytical Hierarchy Process</i>	AHP	T.L. Saaty (2002)
3	Multi Criteria selection power plant	AHP	Akash et al (1999)
4	A multi – Criteria and multi expert decision aid approach to evaluate the future turkish power plant portfolio	AHP & Expert choice	Pasaouglu et al
5	Implementasi <i>Value Based Decision</i> pada pemilihan metode kerja ereksi girder	AHP , <i>Satisficing option</i> , tunggal	Muammar Chumaidi (2017)
6	<i>Value – based group Decision on support bridge selection</i>	AHP, FAST,Civil konstruksi	Christiono utomo (2010)

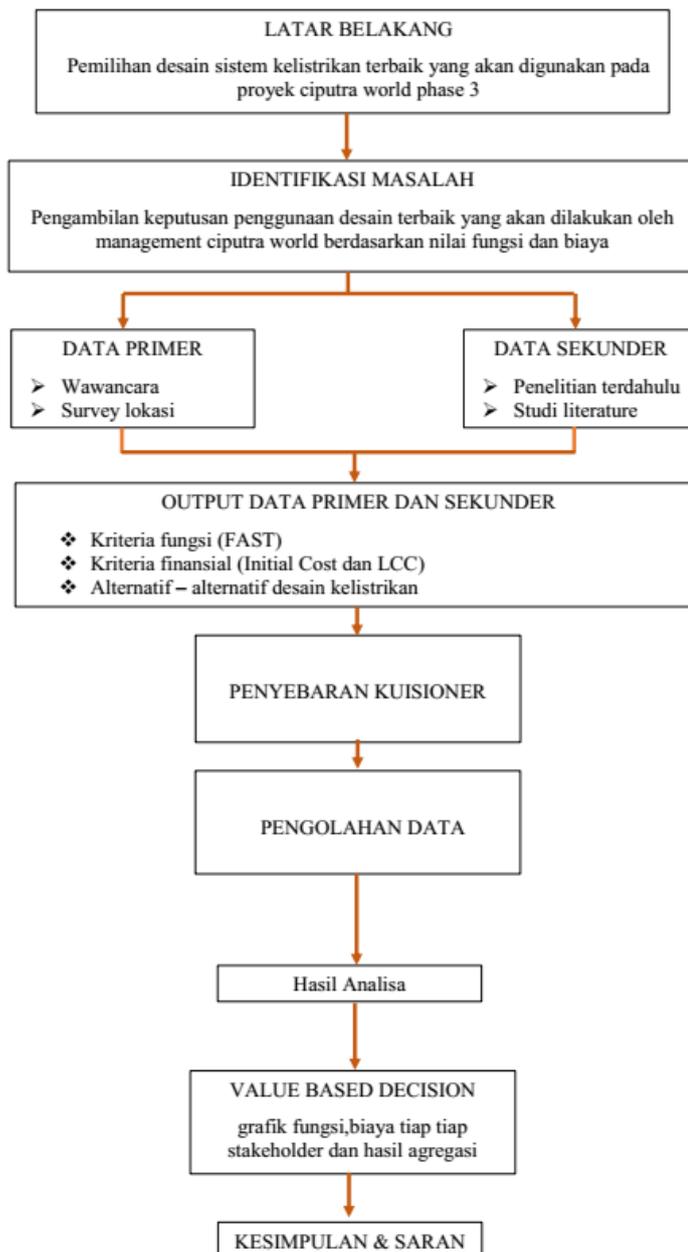
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam Bab 3 menjelaskan tentang metodologi penelitian dimana dalam hal ini menjelaskan tentang proses-proses dalam melaksanakan penelitian dan tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian.

3.1 Alur penelitian

Langkah – langkah penelitian ini digambarkan dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram alur penelitian

3.2 Identifikasi permasalahan

Penelitian ini bertujuan untuk membantu seseorang atau manajemen perusahaan dalam mengambil keputusan. Pemilihan *design* kelistrikan pada proyek Ciputra World phase 3 memerlukan banyak pertimbangan baik sisi biaya (*initial cost*, *Life Cycle Cost*) dan fungsional (tahan terhadap gangguan dari luar, penghematan energi, *continuitas* dan lain lain).

3.3 Data yang digunakan

Data - data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder.

3.3.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapat secara langsung oleh penulis, berupa kuisisioner dan wawancara dengan *engineering manager* Ciputra World phase 1 & 2, engineer proyek Ciputra World phase 1 & 2 dan *engineering manager* Sumarecon mall. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi sistem yang sudah berjalan disana, mengetahui kelebihan dan kekurangan sistem yang sudah berjalan.

Pada penelitian ini teknik pengambilan data dengan menggunakan cara wawancara dan kuisisioner, dimana responden yang dipilih berdasarkan kapabilitas dalam penentuan keputusan dan pengalaman dalam bidang konstruksi yang seperti disebutkan diatas pada tabel 3.1. Tujuan dari wawancara ini adalah untuk mendapatkan kriteria kriteria yang dititik beratkan dalam pemilihan desain sistem kelistrikan terbaik pada proyek Ciputra World phase 3 berdasarkan pengalaman dan preferensi para responden

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang didapat tidak secara langsung oleh penulis, berupa biaya investasi *gas engine* dan *diesel engine* phase1, kontrak *maintenance* dengan vendor genset, biaya operasional & perawatan. Untuk detail bisa dilihat di lampiran hal 76 - 78, selain itu data pendukungnya didapatkan dari hasil *studi literature*, penelitian terdahulu.

3.4 Penentuan kriteria

Kriteria merupakan ukuran, peraturan dan standart yang dijadikan acuan bagi pengambil keputusan untuk dapat menggunakan atribut, sasaran maupun tujuan sebagai acuan. Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan studi pustaka dan wawancara dengan para ahli yang berkompeten di bidang system kelistrikan gedung bertingkat dan operasionalnya untuk mengetahui mengenai kriteria kriteria apa saja yang mungkin digunakan dalam memilih design. (detail wawancara bisa dilihat di lampiran 1-3 hal 61).

Menurut Pasaoglu et al (2018), kriteria pemilihan pembangkit listrik antara lain kehandalan suplai listrik, ketersediaan sumber bahan bakar, dampak terhadap social economi, biaya investasi, biaya operasional, maintenance peralatan. Penelitian tersebut sejalan dengan hasil wawancara dengan manager engineering ciputra world mall bahwa kriteria pemilihan pembangkit listrik adalah sumber bahan bakar yang mudah di dapat, kehandalan sistem pembangkit listrik, efisiensi pembangkit listrik dan harga investasi(detail dilampiran hal 62).

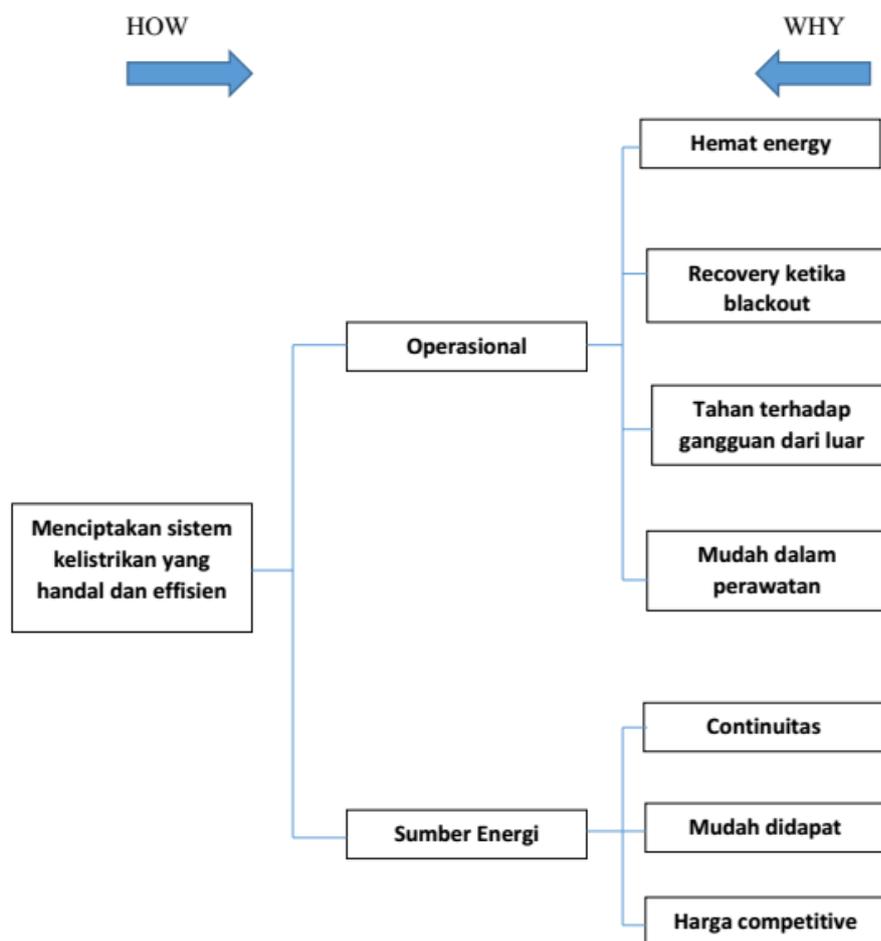
Sejalan dengan penelitian Pasaoglu et. Al, penelitian di Iran juga menyebutkan kriteria pemilihan pembangkit listrik adalah efisiensi pembangkit listrik, biaya operasional dan kondisi lingkungan sekitar (CO2 emision) (Katal & Fazelpour, 2018). Sejalan dengan penelitian Katal dan Fazelpour hasil wawancara dengan project engineer bahwa kriteria pemilihan pembangkit listrik adalah efisiensi di operational, biaya investasi, gas buang genset terhadap lingkungan sekitar, pasokan sumber PLN harus diikuti back up pembangkit untuk start up.

Penelitian di Aman, Jordania Akash et al (1999), kriteria pemilihan pembangkit listrik antara lain kehandalan sistem, efisiensi sistem, ketersediaan bahan bakar, dampak terhadap ekonomi nasional, manfaat sosial dan keamanan sistem pembangkit listrik. Sejalan dengan penelitian Akash et al, hasil wawancara dengan engineering manager hotel ciputra world kriteria penentuan pembangkit listrik adalah kehandalan equipment, after sales service dan maintenance, ramah lingkungan dan biaya investasi.

Dari hasil wawancara dengan para responden dan penelitian terdahulu didapat kriteria kriteria dalam menentukan pembangkit listrik sehingga bisa digambarkan dalam diagram FAST seperti ditunjukkan pada gambar 3.2, dimana

dalam gambar tersebut sudah merefleksikan persepsi dari pemilik, Engineer proyek dan Engineering manager. Pada kriteria fungsional terdapat 7 kriteria yang akan digunakan yaitu hemat energi, *Recovery* ketika mati lampu, tahan terhadap gangguan dari luar, mudah dalam perawatan, kontinuitas bahan bakar, bahan bakar yang mudah didapat, harga per kwh yang *competitive* dibanding yang lain.

Dari hasil wawancara dan studi literature didapat kriteria biaya antara lain biaya investasi, biaya operational biaya maintenance dan kriteria fungsi yang digambarkan dalam digaram FAST pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 diagram FAST

3.5 Pemilihan Alternatif

Alternatif desain sistem kelistrikan gedung bertingkat berdasarkan studi literature yang di dapat dan memungkinkan untuk diterapkan pada proyek Ciputra world phase 3 seperti dampak lingkungan, lokasi project, biaya investasi yaitu:

- 1) 1PLN – *Diesel engine*, alternatif ini dari kriteria yang ada, yang paling menonjol adalah *recovery* ketika *blackout* cukup cepat hanya sekitar 15s karena *diesel engine* mempunyai response time cukup cepat dibanding tipe pembangkit lain. mudah dalam perawatan, bahan bakar mudah di dapat dan biaya investasi paling murah dibanding yang lain, karena jumlah mesin yang lebih sedikit dibanding yang lain, namun dari sisi operasional harga per kwh paling mahal dibanding alternatif yang lain. (detail gambar bisa dilihat di lampiran 8 hal 86)
- 2) 1PLN – *Gas Engine – Diesel Engine*, alternatif ini kriteria yang paling menonjol adalah *recovery* ketika *blackout* cukup cepat dan juga sistem yang paling hemat dibanding alternatif lain, karena gas buang dari gas engine bisa digunakan untuk menciptakan udara dingin (Fong & Lee, 2014) dan efisiensi gas engine yang cukup tinggi (Akash et al, 2018), alternatif ini paling mahal dibanding alternatif yang lain karena jumlah mesin yang paling lengkap dan kompleks. (detail gambar alternatif 2 bisa dilihat di lampiran 9 hal 87).
- 3) 2PLN – *Gas Engine*, alternatif ini mempunyai kriteria yang menonjol penghematan energi karena menggunakan gas engine sama seperti alternatif 2 dan lebih tahan terhadap gangguan dari luar karena menggunakan 2 sumber PLN, ketika PLN 1 hilang masih bisa memakai PLN 2. Dari sisi biaya investasi dan harga per kwh alternatif ini lebih mahal dari alternatif 2 namun masih dibawah alternatif 1. PLN di surabaya mengalami surplus pasokan sehingga berapapun daya yang diminta bisa disediakan oleh PLN. Untuk bahan bakar diesel, solar di surabaya mudah didapat sehingga diesel bisa running 24 jam. *Gas Engine* berbahan bakar gas alam (natural gas) cukup banyak di surabaya sehingga dengan jaringan pipa yang sudah terbangun maka pasokan gas bisa mengalir selama 24 jam menyesuaikan beban yang ada. (Detail gambar bisa dilihat lampiran 10 hal 88).

3.6 Responden untuk Quisioner

Responden yang dipilih pada penelitian ini adalah pihak - pihak yang terlibat dalam proyek Ciputra World phase 3 dan pihak yang berpengalaman antara lain pemilik, *engineer proyek ciputra world surabaya phase 1- 3*, *engineering manager ciputra world mall*. Detail responden bisa dilihat dalam Tabel 3.1

Tabel 3.1. Jenis Responden

No	Responden	Alasan pemilihan
1	<i>Engineering Manager</i> Ciputra World Phase 1	Untuk mengetahui kehandalan <i>system</i> dan <i>life cycle cost</i> dilihat dari sisi <i>operational</i>
2	<i>Project Engineer</i> Ciputra World Phase 3	Untuk mengetahui waktu instalasi dan pelaksanaan sehingga bisa menyesuaikan dengan <i>schedule</i> proyek & pengalaman di phase sebelumnya
3	<i>Representative Owner</i>	Untuk mengetahui dari sisi <i>investment</i> maupun operasionalnya

3.7 Analisa Data

Dari hasil quisioner, data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan metode AHP sedangkan untuk kriteria biaya akan dianalisa menggunakan life cycle cost. Masing masing alternatif desain akan dihitung biaya secara keseluruhan, baik biaya *investment* maupun biaya operasional tiap tahun seperti terlihat pada tabel 3.2.

Tabel. 3.2. Perbandingan biaya masing - masing *alternative*

	1 PLN – Diesel	1 PLN - Diesel - Gas Engine	2 PLN - Gas Engine
konsumsi Listrik 09.00 - 22.00 (KW)	7500	7500	7500
konsumsi Listrik 22.00 - 09.00 (KW)	7500	7500	7500
Total Energi Listrik per tahun 09.00 - 22.00(LWBP)	26.774.803.125	24.637.500.000	27.224.437.500
Total Energi Listrik per tahun 22.00 - 09.00(LWBP)	10.908.253.125	10.037.500.000	11.091.437.500

Lanjutan Tabel 3.2

Total Energi Listrik per tahun 18.00 - 22.00(WBP)	17.849.868.750	10.950.000.000	12.099.750.000
Total biaya listrik dalam setahun	55.532.925.000	45.625.000.000	50.415.625.000
Biaya <i>maintenance</i> dalam 1 tahun	50.000.000	3.134.250.000	3.084.250.000
Total listrik + maintenance	55.582.925.000	48.759.250.000	53.499.875.000
Penghematan	-	6.823.675.000	2.083.050.000
<i>Initial Cost</i>	14.310.000.000	49.230.000.000	34.920.000.000

Sumber : Management Ciputra World Surabaya, (2017)

3.8 Value Based

1. *Value-based*, pada tahap ini, analisis fungsi dan biaya siklus hidup *diesel engine* dan *gas engine* ditetapkan sebagai dasar untuk hirarki keputusan dan perbandingan antara solusi teknis.

a. Analisa fungsi sistem kelistrikan

Berdasarkan FAST, fungsi sistem kelistrikan dapat diidentifikasi. Gambar 3.2 menunjukkan diagram FAST. Selanjutnya, fungsi yang diidentifikasi akan menjadi atribut keputusan (f1-f7). Diagram FAST mencerminkan kombinasi persepsi pemilik, engineer proyek dan *engineering manager* (mengelola operasi dan perawatan).

b. Biaya sistem kelistrikan

Biaya dalam sistem kelistrikan terdiri dari 2 yaitu *investment cost* dan *life cycle cost* yang terdiri dari energi dan biaya perawatan. Tabel 3.3 menyajikan biaya investasi awal dan *life cycle cost* sesuai umur peralatan.

Tabel 3.3. Biaya investasi awal dan *life cycle cost*

Cost Category	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Initial			
LCC			

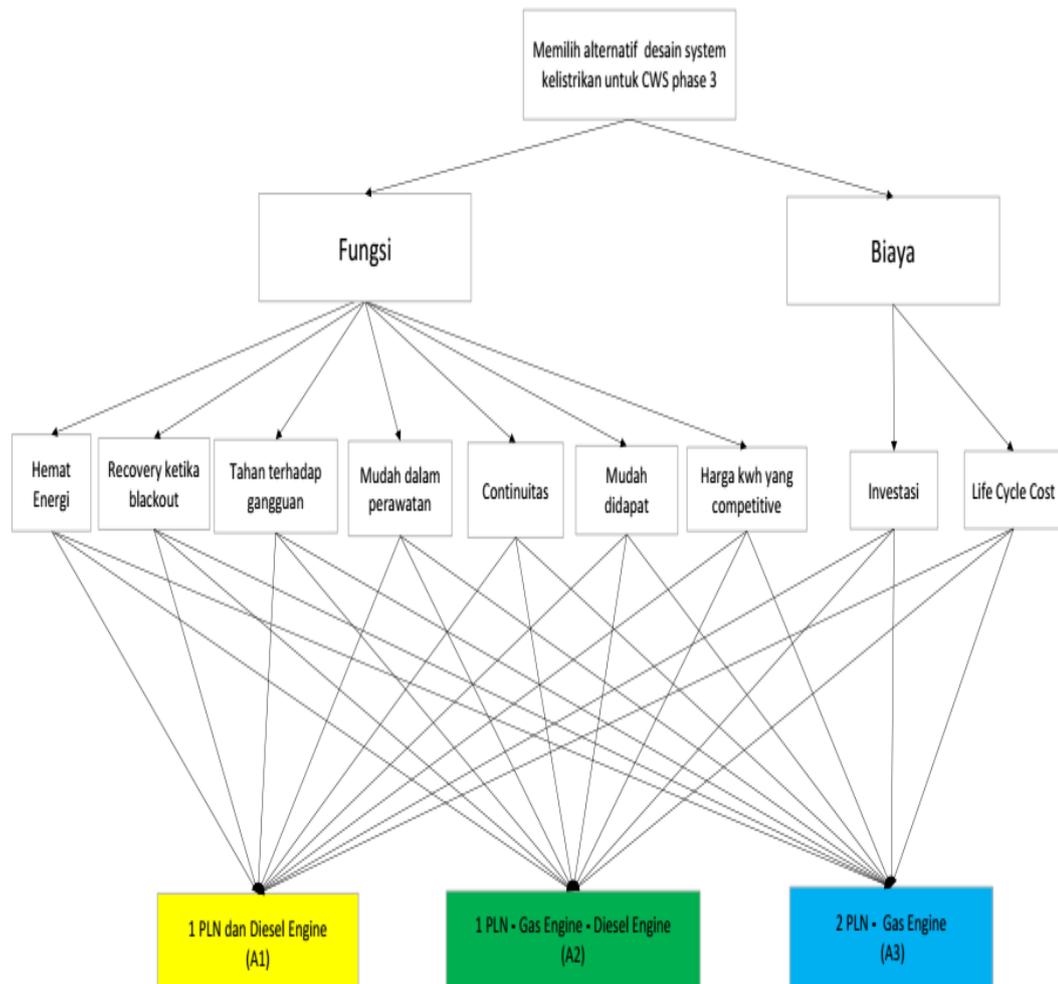
Sumber : Utomo dkk., (2011)

2. Multi-Criteria Decision

Tahap selanjutnya terdiri dari tiga tahap yaitu hirarki keputusan, penilaian & sintesis dan pilihan yang memuaskan pada kriteria nilai.

a. Decision Hierarchy

Gambar 3.3 menunjukkan empat tingkat hirarki keputusan. Tujuan dari masalah ini adalah "Memilih pilihan terbaik untuk sistem kelistrikan di Ciputra World phase 3". Tujuannya ditunjukkan oleh beberapa alternatif ($A = a_1; a_2; a_3$) yang merupakan kombinasi PLN – *Diesel engine*, Kombinasi 1 PLN – *Gas engine* dan *Diesel engine*, kombinasi , 2 PLN dan *gas engine*. Masalahnya dibagi menjadi dua kriteria nilai yaitu *Function* (f) dan *Cost* (c), yang dibagi lebih lanjut ke subkriteria masing-masing f1, f2, f3, f4, f5, f6, f7 dan c1 dan c2.



Gambar 3.3. Hierarki pengambilan keputusan

b. Perhitungan dan sintesis

Tabel 3.4 menyajikan proses untuk memberi peringkat pada pilihan desain sistem kelistrikan. Dukungan untuk setiap pengambil keputusan atau pemangku kepentingan. Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menentukan peringkat.

Tabel 3.4. Pembobotan pada setiap alternatif pada masing masing *stakeholder*.

pembobotan setiap alternatif pada masing masing stake holder

ITEM		F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	C1	C2	Weight
Stakeholder 1 (Owner)	A1 (PLN - Diesel)										
	A2 (1 PLN - Gas Engine -Diesel)										
	A3 (2PLN - Gas Engine)										
Stakeholder 2 (Project Manager)	A1 (PLN - Diesel)										
	A2 (1 PLN - Gas Engine -Diesel)										
	A3 (2PLN - Gas Engine)										
Stakeholder 3 (Property Manager)	A1 (PLN - Diesel)										
	A2 (1 PLN - Gas Engine -Diesel)										
	A3 (2PLN - Gas Engine)										

Sumber : Utomo dkk. (2011)

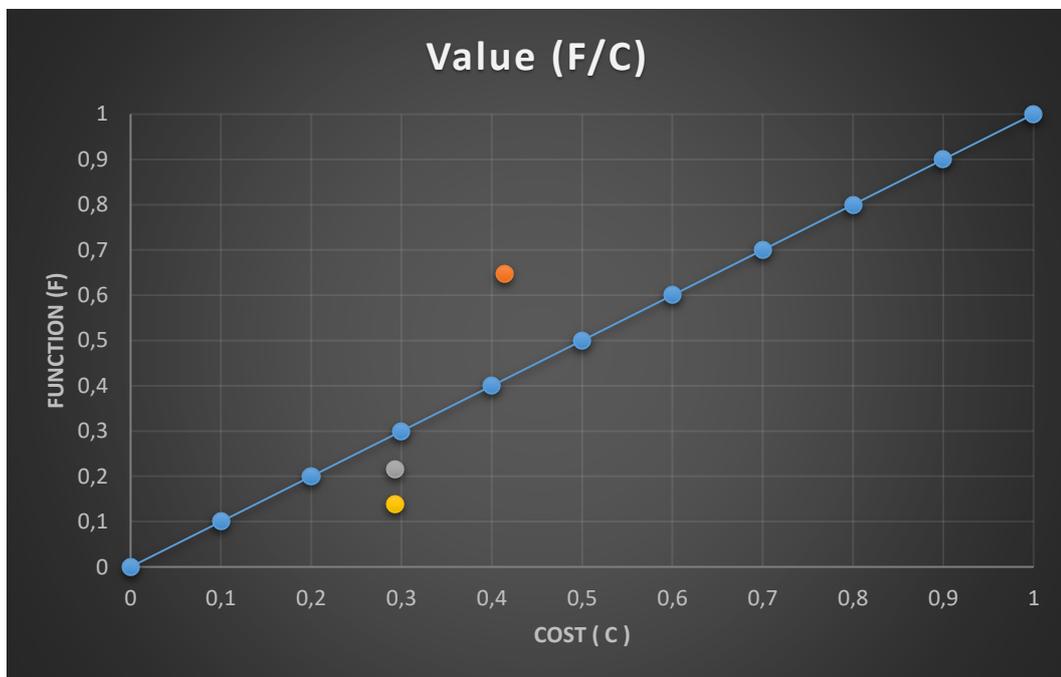
c. *Satisficing Options on Value Criteria*

Dalam proposal thesis ini, biaya awal dan LCC diidentifikasi sebagai 'Biaya' dan 7 fungsi lainnya yaitu hemat energi, waktu *recovery* ketika *blackout*, tahan terhadap gangguan dari luar, mudah dalam perawatan, *continuitas* sistem dan bahan bakar, sumber bahan bakar mudah didapat, harga per kwh yang *competitive* diidentifikasi sebagai '*Function*'. Tabel 3.5 menunjukkan kemampuan seleksi dan *rejectabilitas* yang mewakili fungsi dan biaya solusi sistem kelistrikan terbaik. Menurut Utomo, (2011) Pilihan akan menjadi opsi penolakan jika nilai opsi di bawah 1 " $F / C < 1$ " atau biayanya lebih tinggi dari fungsi. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa ada biaya yang tidak perlu dalam opsi solusi teknis. Gambar 3.4 memberikan suatu plot fungsi dari pilihan solusi teknis. Angka tersebut didasarkan pada hasil dari tabel 3.5. Alternatif nilai tertinggi adalah yang bisa memberikan tingkat kepuasan tertinggi karena fungsi tinggi dan biaya rendah (Utomo, 2010).

Tabel 3.5. Nilai fungsi dan *cost* pada masing masing alternatif

	COST				Function							Normalization	
	C1	C2	ε	Loss	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Cost	Function
A1 (PLN - Diesel)													
A2 (1 PLN - Gas Engine - Diesel)													
A3 (2 PLN - Gas Engine)													

Sumber : Utomo & Idrus (2010)



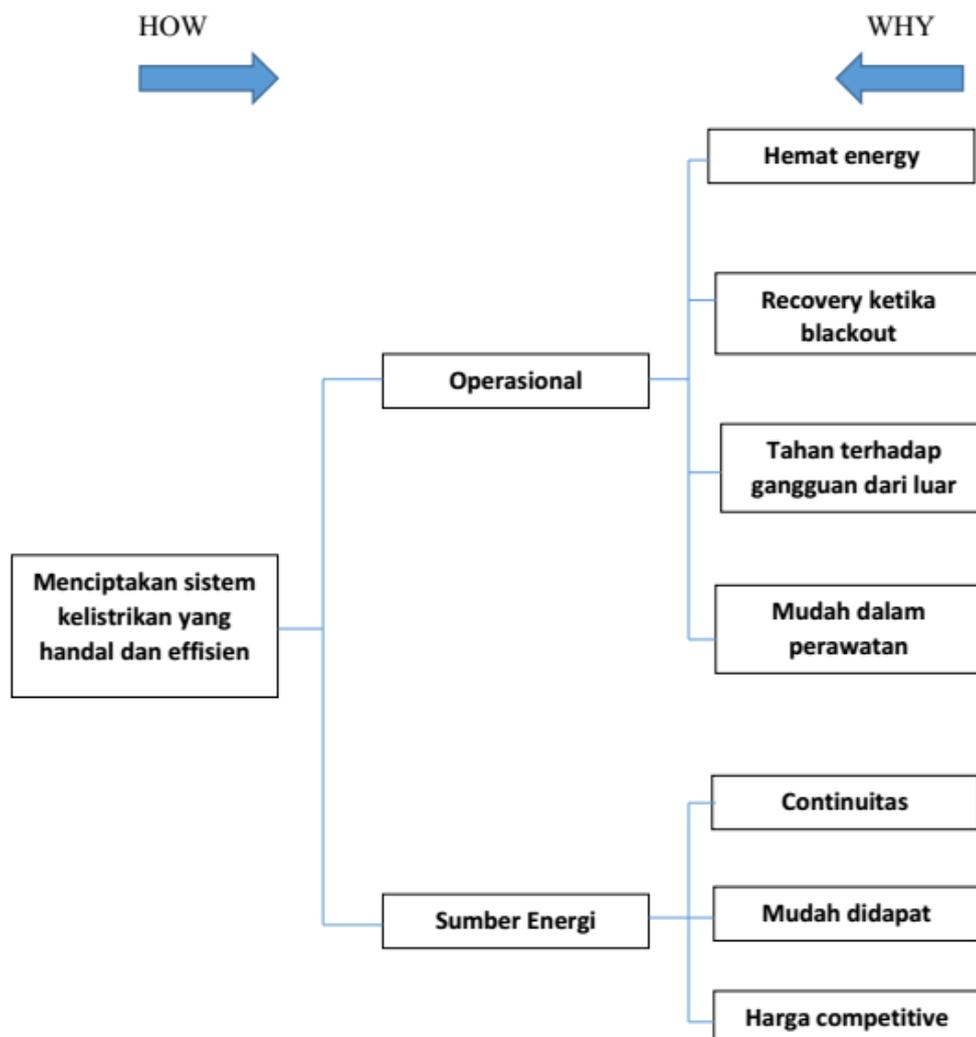
Gambar 3.4. Grafik fungsi dan biaya

Sumber : Utomo & Idrus, (2011)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Fungsi

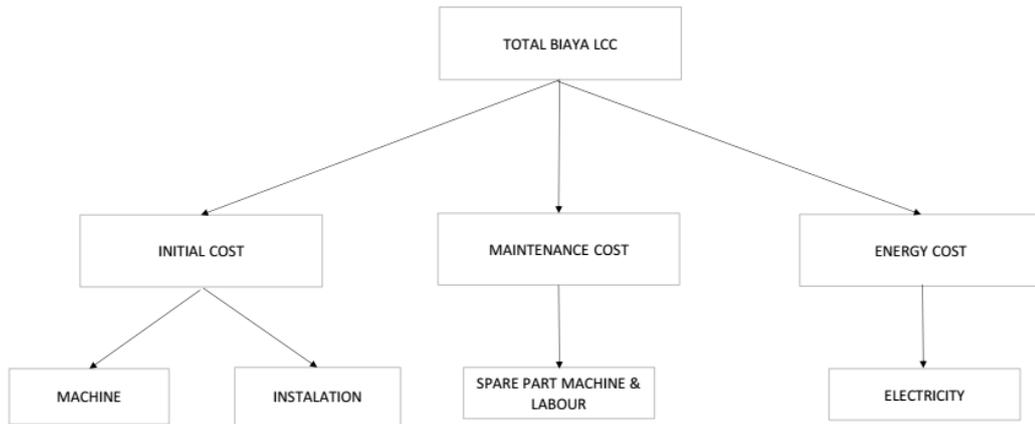
Kriteria pemilihan keputusan berbasis nilai diambil dari teori dasar value analysis yaitu fungsi dan biaya. Fungsi akan ditentukan oleh *Function Analysis System Technique* (FAST) dan Cost akan dihitung dengan konsep *Life Cycle Cost* (LCC). Alasan utama menggunakan FAST adalah setiap desain solusi teknis harus memiliki fungsi. Fungsi akan membuat solusi teknis yang layak dipertimbangkan, dan dilanjutkan menjadi atribut keputusan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak yang berpengalaman dalam operasional dan proyek mall, hotel dan apartemen dan studi literature didapat diagram seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram FAST

4.2 Life Cycle Cost Analysis

Biaya untuk masing masing alternatif desain sistem kelistrikan bisa dilihat pada Gambar 4.2, dimana biaya biaya yang akan dihitung dibagi dalam 3 kategori, intial cost atau biaya awal investasi, maintenance & energi. Adapun besarnya biaya tiap tiap alternatif adalah sebagai berikut:



Gambar 4.2 : Cost Breakdown structure

4.2.1 Alternatif 1 (1 penyulang PLN – Diesel)

Dengan kebutuhan daya sekitar 7500 KVA, maka biaya untuk investasi awal untuk pembelian diesel engine sekitar 21 milyar seperti ditunjukkan pada tabel 4.1. (harga tersebut didapat dari pembelian Ciputra world pada tahun 2010 dihitung dengan asumsi kenaikan 5% setiap tahunnya).

Tabel 4.1. Harga genset tahun 2010

No	Item	Satuan	Vol	Harga satuan	Jumlah
1	Genset 2000KVA + Instalasi	Bh	4	3.577.500.000	14.310.000.000
				TOTAL	14.310.000.000

$$F = P \times (1 + i)^n \dots \dots \dots 4.1$$

F = perkiraan harga tahun 2018

P = harga tahun 2010

i = estimasi kenaikan harga tiap tahun

n = waktu

$$F = 14.310.000.000 \times (1 + 0,05)^8$$

$$F = 14,310,000,000 \times 1,4774$$

$$F = Rp. 21,142,387,401, -$$

Untuk Life Cycle Cost dengan daya 7500 KVA maka energi yang dikeluarkan dalam 1 tahun bisa dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Perbandingan energi listrik tiap alternatif setiap tahun

	1 PLN - Diesel	1 PLN - Diesel - Gas Engine	2 PLN - Gas Engine
konsumsi Listrik 09.00 - 22.00 (KW)	7500	7500	7500
konsumsi Listrik 22.00 - 09.00 (KW)	7500	7500	7500
Total Energi Listrik per tahun 09.00 - 22.00(LWBP)	26.774.803.125	24.637.500.000	27.224.437.500
Total Energi Listrik per tahun 22.00 - 09.00(LWBP)	10.908.253.125	10.037.500.000	11.091.437.500
Total Energi Listrik per tahun 18.00 - 22.00(WBP)	17.849.868.750	10.950.000.000	12.099.750.000
Total biaya listrik dalam setahun	55.532.925.000	45.625.000.000	50.415.625.000

Biaya Energi pada alternatif 1 selama 13 tahun adalah Rp. 547.735.213.383,-. Untuk alternatif 1 1 PLN - Diesel engine, karena diesel engine bersifat back up maka biaya perawatan setiap tahun tidak terlalu besar, data yang di dapat dari ciputra world pada tahun 2017 bisa dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Biaya perawatan rutin setiap tahun

Spare Part Diesel									
No	Spare Part	DE1	DE2	DE3	DE4	Total	Harga Satuan	Total Harga	Penggantian
1	FUEL FILTER D/N : 32562-60300	4	4	4	4	16	376.431	6.022.896	tiap tahun
2	OIL FILTER MHIESA (D/N: 37540-11100A)	4	4	4	4	16	244.420	3.910.720	tiap tahun
3	BY PASS FILTER D/N : 37540-02100	1	1	1	1	4	316.536	1.266.144	tiap tahun
4	Air Filter	2	2	4	4	12	11.904.360	28.570.464	Tiap 5 tahun
5	ACCU 200Ah	4	4	4	4	16	3.000.000	24.000.000	Tiap 2 tahun
6	Jasa Service	1	1	1	1	4	5.000.000	20.000.000	tiap tahun
7	OLIE MEDITRAN SX15W-40 CH4	2	2	3	3	10	4.706.000	47.060.000	tiap tahun
Total								Rp130.830.224	Tiap tahun

Sumber : management ciputra world surabaya, (2017)

Biaya maintenance diesel selama 13 tahun adalah Rp. 1.290.411.421,-. Jadi untuk Alternatif 1 biaya investasi awal sebesar Rp. 21.142.387.401 dan untuk Maintenance sebesar :

(Rp. 1.290.411.421,- + Rp. 547.735.213.383,-) = Rp. 570.168.012.205,-

4.2.2 Alternatif 2 (1 Penyulang PLN – Diesel Engine – Gas Engine)

Dengan kebutuhan daya sekitar 7500 KVA maka biaya untuk investasi awal untuk pembelian diesel engine sekitar 21 milyar dan Gas Engine seperti ditunjukkan pada Tabel 4.4, harga tersebut didapat dari pembelian Ciputra world pada tahun 2010 (Lampiran hal 9) dihitung dengan asumsi kenaikan 5% setiap tahunnya.

Tabel 4.4. Harga Gas Engine tahun 2010

No	Item	Satuan	Vol	Harga satuan	Jumlah
1	Genset 2500KVA + Instalasi	bh	3	11.640.000.000	34.920.000.000
				TOTAL	34.920.000.000

$$F = P \times (1 + i)^n$$

F = perkiraan harga tahun 2018

P = harga tahun 2010

i = estimasi kenaikan harga tiap tahun

n = waktu

$$F = 34.920.000.000 \times (1 + 0,05)^8$$

$$F = 34.920.000 \times 1,4774$$

$$F = Rp. 51.592.744.097, -$$

Untuk Life Cycle Cost dengan daya 7500 KVA, maka energi yang dikeluarkan dalam 1 tahun bisa dilihat pada tabel 4.2. Biaya energi pada alternatif 2 selama 13 tahun dengan asumsi kenaikan harga listrik setiap tahun 5% adalah Rp. 450.010.855.913,-.

Untuk alternatif 2 1 PLN - Diesel engine – Gas Engine, dengan jumlah mesin yang banyak dan gas engine operasional kontinue, tentu biaya perawatan setiap tahun cukup besar. Data yang didapat dari Ciputra World pada tahun 2010 bisa dilihat pada tabel lampiran (hal 78).

$$F = P \times (1 + i)^n$$

F = perkiraan harga tahun 2018

P = harga tahun 2010

i = estimasi kenaikan harga tiap tahun

n = waktu

$$F = 73,6 \times (1 + 0,05)^{1,25}$$

$$F = 73,6 \times 1,4774 \quad F = Rp 81,29/kwh$$

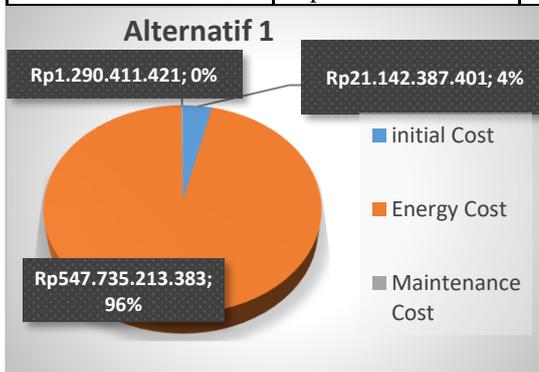
Biaya perawatan = Rp. 81,29 x 7500 x 30 x 12 x 12 = Rp. 2.633.801.736,-
 Total biaya perawatan Gas Engine dalam 13 tahun adalah Rp. 31.421.741.066,-
 Total biaya perawatan Diesel Engine dalam 13 tahun adalah Rp. 1.290.411.421,-
 Jadi untuk Alternatif 2 biaya investasi awal sebesar Rp. 72,735.131.498,- dan untuk Maintenance (Rp. 1.290.411.421 + Rp. 31.421.741.066,- + Rp. 450.010.855.913,-) = Rp. 555.458.139.898,-

4.2.3 Alternatif 3 (2 Penyulang PLN – Gas Engine)

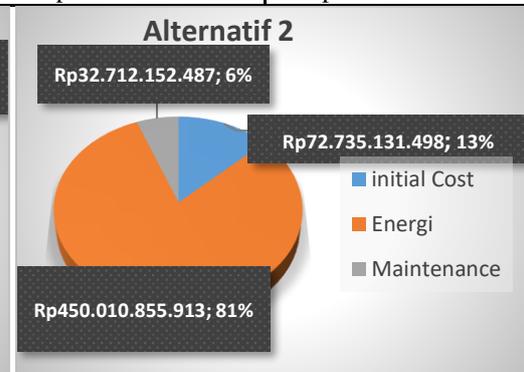
Dengan kebutuhan daya sekitar 7500 KVA maka biaya untuk investasi awal untuk pembelian Gas Engine seperti ditunjukkan pada sub bab sebelumnya sebesar Rp. 51.592.744.097,- dan perawatan gas engine sebesar Rp. 31.421.741.066,-. Perbedaan alternatif 3 dengan alternatif yang lain adalah harga energi dari PLN, dengan 2 suplai dari PLN maka tarif per kwh lebih mahal dibanding tarif reguler (1 suplain PLN). Harga energi dalam 1 tahun untuk alternatif 3 bisa dilihat dari tabel 4.2. yaitu sebesar Rp. 50.415.625.000,-. Biaya energi alternatif 3 selama 13 tahun dengan asumsi 5% setiap tahun adalah Rp. 497.261.995.784,-. Jadi untuk Alternatif 3 biaya investasi awal sebesar Rp. 51.592.744.097,- dan untuk Maintenance (Rp. 31.421.741.066,- + Rp. 497.261.995.784,-) = Rp. 580.276.480.947,-. Untuk LCC ketiga alternatif bisa dilihat pada Tabel 4.5 dan prosentase biaya masing-masing variable pada setiap alternatif bisa dilihat pada Gambar 4.3;4.4 dan 4.5

Tabel 4.5. LCC alternatif 1,2,3

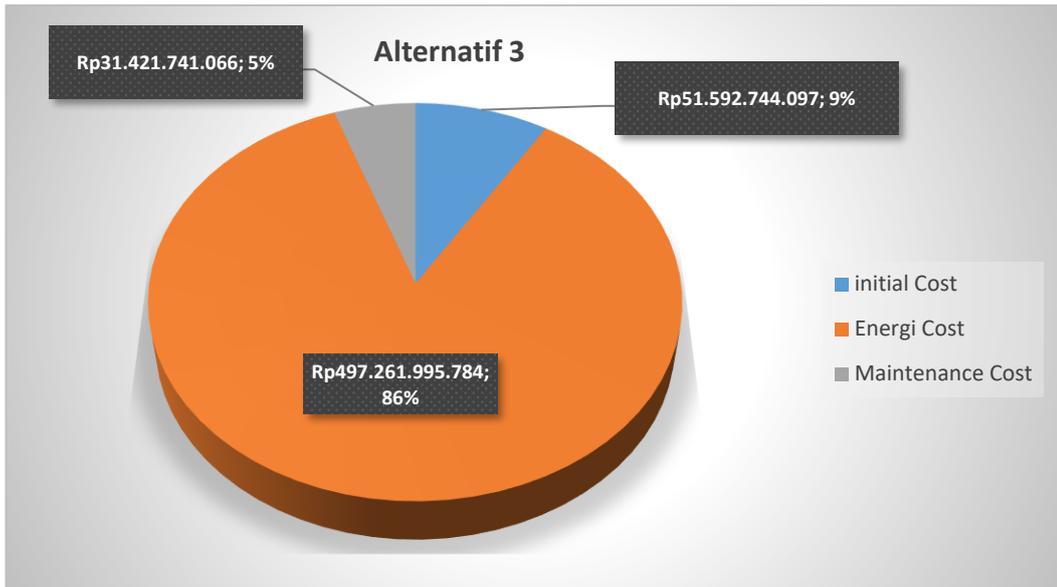
	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
initial Cost	Rp21.142.387.401	Rp72.735.131.498	Rp51.592.744.097
Energy Cost	Rp547.735.213.383	Rp450.010.855.913	Rp497.261.995.784
Maintenance Cost	Rp1.290.411.421	Rp32.712.152.487	Rp31.421.741.066
Total	Rp570.168.012.205	Rp555.458.139.898	Rp580.276.480.947



Gambar 4.3 : LCC alternatif 1



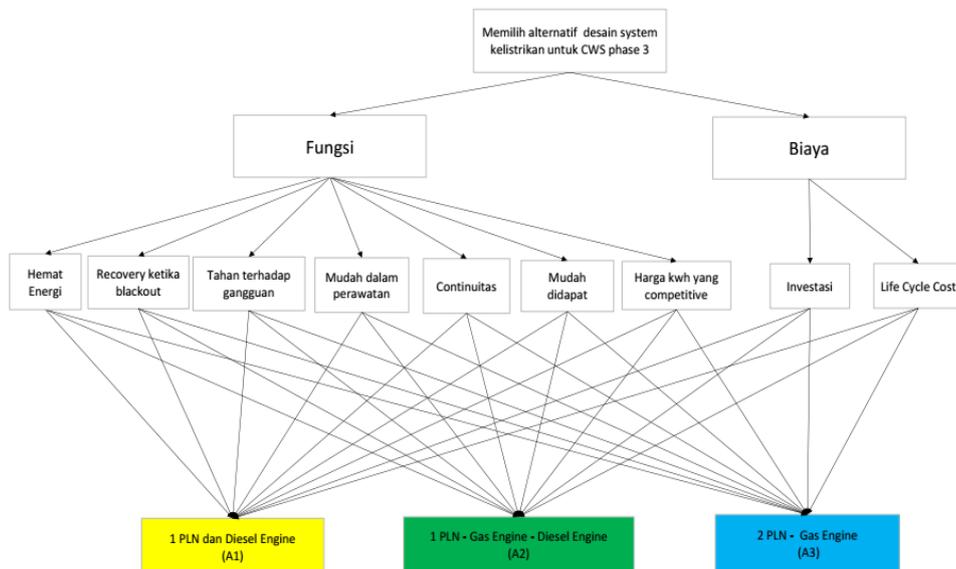
Gambar 4.4 : LCC alternatif 2



Gambar 4.5 : LCC alternatif 3

4.3 Value Based Decision

Gambar 4.2. menunjukkan empat tingkat hirarki keputusan. Tujuan dari masalah ini adalah "Memilih pilihan terbaik untuk sistem kelistrikan di Ciputra World phase 3". Tujuannya ditunjukkan oleh beberapa alternatif ($A = a_1; a_2; a_3$) yang merupakan kombinasi 1 PLN – *Diesel engine*, Kombinasi 1 PLN – *Gas engine* dan *Diesel engine*, kombinasi 2 PLN dan *gas engine*. Masalahnya dibagi menjadi dua kriteria nilai yaitu *Function* (f) dan *Cost* (c), yang dibagi lebih lanjut ke subkriteria masing-masing $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7$ dan c_1 dan c_2 .



Gambar 4.6. Tingkat Hirarki Keputusan

4.3.1 Responden 1 (Engineering Manager)

Dari hasil kuisioner yang sudah diisi oleh para responden didapat hasil seperti

Tabel 4.6 :

Tabel 4.6. Matrik Kriteria

Matrik KRITERIA	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7
Initial Cost (c1)	1,0	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0	7,0	7,0	7,0
O & M Cost (c2)	0,3	1,0	3,0	5,0	3,0	5,0	5,0	7,0	5,0
Penghematan Energy (f1)	0,3	0,3	1,0	3,0	3,0	3,0	3,0	5,0	7,0
Recovery ketika black out(f2)	0,3	0,2	0,3	1,0	3,0	3,0	5,0	5,0	5,0
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	3,0	3,0	3,0	5,0
Mudah dalam perawatan (f4)	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	3,0	3,0	3,0
Continuitas (f5)	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	1,0	3,0	3,0
Mudah didapat (f6)	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0	3,0
Harga yang competitive (f7)	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	1,0
JUMLAH	2,8	5,6	8,7	13,3	16,2	21,0	27,7	34,3	39,0

Selanjutnya dilakukan normalisasi seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.7 untuk mendapatkan bobot rata rata dari masing masing kriteria yang nantinya akan digunakan untuk menghitung bobot dari setiap alternatif.

Tabel 4.7. Normalisasi Matrik Kriteria

	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	Rata2
Initial Cost (c1)	0,35	0,53	0,35	0,23	0,31	0,24	0,25	0,20	0,18	0,29
O & M Cost (c2)	0,12	0,18	0,35	0,38	0,19	0,24	0,18	0,20	0,13	0,22
Penghematan Energy (f1)	0,12	0,06	0,12	0,23	0,19	0,14	0,11	0,15	0,18	0,14
Recovery ketika black out(f2)	0,12	0,04	0,04	0,08	0,19	0,14	0,18	0,15	0,13	0,12
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,07	0,06	0,04	0,03	0,06	0,14	0,11	0,09	0,13	0,08
Mudah dalam perawatan (f4)	0,07	0,04	0,04	0,03	0,02	0,05	0,11	0,09	0,08	0,06
Continuitas (f5)	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,09	0,08	0,04
Mudah didapat (f6)	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,08	0,03
Harga yang competitive (f7)	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,03	0,02
JUMLAH	1,00									

Tahap selanjutnya adalah dari ketiga alternatif yang ada akan di sintesa berdasarkan kriteria kriteria yang ada dengan membuat matriks pair wise dan normalisasinya mulai dari kriteria Initial cost sampai harga sumber energi yang kompetitif seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.8 – 4.16.

Tabel 4.8. Matrix alternatif dengan kriteria initial cost

Initial Cost (c1)				Normalisasi Matrik Initial Cost (c1)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	3,0000	5,0000	0,6522	0,4286	0,7895	0,6234
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,3333	1,0000	0,3333	0,2174	0,1429	0,0526	0,1376
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	3,0000	1,0000	0,1304	0,4286	0,1579	0,2390
Jumlah	1,5333	7,0000	6,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.8 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria initial cost mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6234. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.9. Matrix alternatif dengan kriteria operation and maintenance cost

O & M Cost (c2)				Normalisasi Matrik O & M Cost (c2)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	5,0000	0,7143	0,5556	0,7895	0,6864
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	0,3333	0,1429	0,1111	0,0526	0,1022
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	3,0000	1,0000	0,1429	0,3333	0,1579	0,2114
Jumlah	1,4000	9,0000	6,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*Operation and maintenance*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6864. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada tabel

4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.10. Matrix alternatif dengan kriteria penghematan energi

Penghematan Energi (f1)				Normalisasi Matrik Penghematan Energi (f1)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,2000	0,0909	0,1304	0,0476	0,0897
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	3,0000	0,4545	0,6522	0,7143	0,6070
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	0,3333	1,0000	0,4545	0,2174	0,2381	0,3033
Jumlah	11,0000	1,5333	4,2000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.10 terlihat bahwa alternatif 2 (1 PLN – Diesel - Gas Engine) untuk kriteria “penghematan energi” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6070. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.11. Matrix alternatif dengan kriteria recovery ketika blackout

Recovery ketika black out(f2)				Normalisasi Matrik Recovery ketika black out(f2)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	7,0000	5,0000	0,7447	0,8596	0,3846	0,6630
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,1429	1,0000	7,0000	0,1064	0,1228	0,5385	0,2559
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	0,1429	1,0000	0,1489	0,0175	0,0769	0,0811
Jumlah	1,3429	8,1429	13,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.11 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “recovery ketika blackout” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6630. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7

sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.12. Matrix alternatif dengan kriteria tahan terhadap gangguan dari luar

Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)				Normalisasi Matrik Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	5,0000	0,7143	0,7895	0,5556	0,6864
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	3,0000	0,1429	0,1579	0,3333	0,2114
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	0,3333	1,0000	0,1429	0,0526	0,1111	0,1022
Jumlah	1,4000	6,3333	9,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.12 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*tahan terhadap gangguan dari luar*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6864. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.13. Matrix alternatif dengan kriteria mudah dalam perawatan

Mudah dalam perawatan (f4)				Normalisasi Matrik Mudah dalam perawatan (f4)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	5,0000	0,7143	0,8065	0,4545	0,6584
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	5,0000	0,1429	0,1613	0,4545	0,2529
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	0,2000	1,0000	0,1429	0,0323	0,0909	0,0887
Jumlah	1,4000	6,2000	11,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.13 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*mudah dalam perawatan*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6584. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7

sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.14. Matrix alternatif dengan kriteria kontinuitas sumber energi

Continuitas(f5)				Normalisasi Matrik Continuitas (f5)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	3,0000	0,6522	0,7895	0,4286	0,6234
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	3,0000	0,1304	0,1579	0,4286	0,2390
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,3333	0,3333	1,0000	0,2174	0,0526	0,1429	0,1376
Jumlah	1,5333	6,3333	7,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.14 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*Continuitas bahan bakar*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6234. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada tabel 4.17.

Tabel 4.15. Matrix alternatif dengan kriteri sumber energi yang mudah di dapat

Mudah didapat (f6)				Normalisasi Matrik Mudah didapat (f6)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	3,0000	0,6522	0,7895	0,4286	0,6234
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	3,0000	0,1304	0,1579	0,4286	0,2390
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,3333	0,3333	1,0000	0,2174	0,0526	0,1429	0,1376
Jumlah	1,5333	6,3333	7,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.15 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*bahan bakar yang mudah di dapat*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6234. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Dari Tabel 4.16 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*bahan bakar yang mudah di dapat*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6333. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.16. Matrix alternatif dengan harga sumber energi yang kompetitive

Harga yang kompetitive (f7)				Normalisasi Matrik Harga yang kompetitive (f7)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	3,0000	5,0000	0,6522	0,6923	0,5556	0,6333
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,3333	1,0000	3,0000	0,2174	0,2308	0,3333	0,2605
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	0,3333	1,0000	0,1304	0,0769	0,1111	0,1062
Jumlah	1,5333	4,3333	9,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari Tabel 4.16 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria “*bahan bakar yang mudah di dapat*” mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,6333. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.7 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.17.

Dari hasil matriks dan normalisasi matriks kriteria dan alternatif yang telah dilakukan pada tabel diatas, maka didapatkan matriks hasil sintesa keputusan terhadap pemilihan desain sistem kelistrikan. Tabel 4.17 menyajikan peringkat pada pilihan desain sistem kelistrikan. Engineering manager memilih desain **1 PLN – Diesel engine** sebagai bobot tertinggi.

Tabel 4.17. Ranking alternatif desain sistem kelistrikan

kriteria		c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	Bobot setiap alternatif
Kriteria rata rata		0,2937	0,2172	0,1423	0,1167	0,0803	0,0568	0,0418	0,0298	0,0215	
Alternatif	1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,6234	0,6864	0,0897	0,6630	0,6864	0,6584	0,6234	0,6234	0,6333	0,5730
	1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,1376	0,1022	0,6070	0,2559	0,2114	0,2529	0,2390	0,2390	0,2605	0,2329
	2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2390	0,2114	0,3033	0,0811	0,1022	0,0887	0,1376	0,1376	0,1062	0,1941
Jumlah		1,0000									

Setelah dilakukan sintesa menggunakan AHP, maka perlu dilakukan test konsistensi data untuk mengetahui validasi data yang diberikan oleh responden.

Untuk menguji konsistensi data bisa dicek dengan persamaan dibawah ini :

$$\frac{Rasio\ CI}{RI} < 0,1 \dots \dots \dots (4.1)$$

$$CI = \frac{P - n}{n - 1} \dots \dots \dots (4.2)$$

$$eigen\ maks = \frac{matrix\ vektor}{rating\ rata\ rata(bobot)} \dots \dots \dots (4.3)$$

CI = Consistency index

RI = Random index

n = Jumlah kriteria

P = rata rata eigen maks (bisa dilihat pada tabel 4.18)

Untuk ordo matrik 9 (sesuai dengan jumlah kriteria) random indeks nya adalah 1,5, sehingga rasio konsistensinya adalah sebagai berikut :

$$CI = \frac{10,0196 - 9}{9 - 1} = 0,12745$$

$$\frac{0,12745}{1,5} < 0,1$$

$$0,0849 < 0,1$$

Syarat konsistensi adalah nilai CI / RI dibawah 0,1 maka dengan nilai 0,0849 maka data dari responden cukup konsisten.

Tabel 4.18. Nilai rata rata eigen maks responden 1

Kriteria	Rata2	Matriks	Nilai Eigen
Initial Cost (c1)	0,2937	3,059282	10,416097
O & M Cost (c2)	0,2172	2,375231	10,93533
Penghematan Energy (f1)	0,1423	1,498679	10,535524
Recovery ketika black out(f2)	0,1167	1,182293	10,134939
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,0803	0,79044	9,849341
Mudah dalam perawatan (f4)	0,0568	0,551499	9,7163975
Continuitas (f5)	0,0418	0,397644	9,504206
Mudah didapat (f6)	0,0298	0,278674	9,3359728
Harga yang competitive (f7)	0,0215	0,209398	9,7487134
	1,0000	10,3431	10,0196

4.3.2 Responden 2 (Engineer Proyek)

Untuk Responden 2 (Engineer proyek) proses perhitungan sama dengan responden 1, dimulai dari Tabel 4.19 pairwise matriks kriteria.

Tabel 4.19. Matrik kriteria

Matrik KRITEIA	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7
Initial Cost (c1)	1,00	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,20	0,33	0,33
O & M Cost (c2)	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,20	0,20	0,20	0,20
Penghematan Energy (f1)	3,00	3,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Recovery ketika black out(f2)	3,00	3,00	3,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33
Mudah dalam perawatan (f4)	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00
Continuitas (f5)	5,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,33	1,00	3,00	3,00
Mudah didapat (f6)	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33	1,00	3,00
Harga yang competitive (f7)	3,00	5,00	3,00	3,00	3,00	0,33	0,33	0,33	1,00
JUMLAH	24,33	33,00	19,67	17,00	14,33	3,53	6,07	8,87	11,53

Selanjutnya dilakukan normalisasi seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.20 (lampiran 6 hal 61) untuk mendapatkan bobot rata rata dari masing masing kriteria yang nantinya akan digunakan untuk menghitung bobot dari setiap alternatif.

Tahap selanjutnya adalah dari ketiga alternatif yang ada akan di sintesa berdasarkan kriteria kriteria yang ada dengan membuat matriks pair wise dan normalisasinya mulai dari kriteria Initial cost sampai harga sumber energi yang kompetitif seperti yang ditampilkan pada tabel 4.21.

Dari Tabel 4.21 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria initial cost mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,7235. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.20 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.21. Matrix alternatif dengan kriteria initial cost

Initial Cost (c1)				Normalisasi Matrik Initial Cost (c1)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	7,0000	5,0000	0,7447	0,6364	0,7895	0,7235
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,1429	1,0000	0,3333	0,1064	0,0909	0,0526	0,0833
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	3,0000	1,0000	0,1489	0,2727	0,1579	0,1932
Jumlah	1,3429	11,0000	6,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Selanjutnya untuk matriks pairwise ketiga alternatif berdasar kriteria kriteria yang lain seperti “operation and maintenance”, ”penghematan Energi”, ”recovery ketika blackout”, ”tahan terhadap gangguan dari luar”, ”mudah dalam perawatan”, ”kontinuitas sumber energi”, ”sumber energi yang mudah di dapat”, ”harga sumber energi yang kompetitif” bisa dilihat pada Tabel 4.22 – 4.29 dilampiran 6 halaman 71 - 73.

Dari hasil matriks dan normalisasi matriks kriteria dan alternatif yang telah dilakukan pada tabel diatas, maka didapatkan matriks hasil sintesa keputusan terhadap pemilihan desain sistem kelistrikan terbaik. Tabel 4.30 menyajikan peringkat pada pilihan desain sistem kelistrikan. Engineer proyek memilih desain **2 PLN – Diesel – Gas engine** sebagai peringkat atau bobot tertingi.

Tabel 4.30. Ranking alternatif desain sistem kelistrikan

kriteria		c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	Bobot
Kriteria rata rata		0,0428	0,0259	0,0582	0,0738	0,0921	0,2432	0,1948	0,1484	0,1207	setiap
Alternatif	1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,7235	0,6864	0,0887	0,0897	0,1062	0,5736	0,1062	0,3312	0,1062	0,2925
	1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0833	0,1022	0,6584	0,6070	0,2605	0,1399	0,6333	0,5492	0,6333	0,4287
	2 PLN - Gas Engine (a3)	0,1932	0,2114	0,2529	0,3033	0,6333	0,2864	0,2605	0,1196	0,2605	0,2788
Jumlah		1,0000									

Setelah dilakukan sintesa menggunakan AHP, maka perlu dilakukan test konsistensi data untuk mengetahui validasi data yang diberikan oleh responden. Untuk menguji konsistensi data bisa dicek dengan persamaan dibawah ini :

$$CI = \frac{10,1226 - 9}{9 - 1} = 0,140331$$

$$\frac{0,140331}{1,5} < 0,1 = 0,093554 < 0,1$$

Syarat konsistensi adalah nilai CI / RI dibawah 0,1 maka dengan nilai 0,093554 maka data dari responden cukup konsisten.

Tabel 4.31. Nilai rata-rata eigen maks responden 2

Kriteria	Rata2	Matriks	Nilai Eigen
Initial Cost (c1)	0,0428	0,405049	9,453451
O & M Cost (c2)	0,0259	0,256331	9,889209
Penghematan Energy (f1)	0,0582	0,555504	9,546773
Recovery ketika black out(f2)	0,0738	0,721108	9,765252
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,0921	0,930186	10,10148
Mudah dalam perawatan (f4)	0,2432	2,565373	10,54694
Continuitas (f5)	0,1948	2,099367	10,7786
Mudah didapat (f6)	0,1484	1,587092	10,69709
Harga yang competitive (f7)	0,1207	1,246692	10,32503
	1,0000		10,1226

4.3.3 Responden 3 (Representatif Owner)

Untuk Responden 3 (representative owner) proses perhitungan sama dengan responden 1 dan 2, dimulai dari tabel 4.32 pairwise matriks kriteria.

Selanjutnya dilakukan normalisasi seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 4.33 (lampiran 7 hal 74) untuk mendapatkan bobot rata rata dari masing masing kriteria yang nantinya akan digunakan untuk menghitung bobot dari setiap alternatif.

Tahap selanjutnya adalah dari ketiga alternatif yang ada akan di sintesa berdasarkan kriteria kriteria yang ada dengan membuat matriks pair wise dan normalisasinya mulai dari kriteria Initial cost sampai harga sumber energi yang kompetitif seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.34.

Dari Tabel 4.34 terlihat bahwa alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) untuk kriteria initial cost mempunyai bobot yang paling besar dibanding dengan alternatif lain, dengan bobot rata-rata 0,5870. Nilai ini nantinya akan dikalikan dengan bobot

rata rata pada masing masing kriteria seperti pada Tabel 4.33 sehingga di dapatkan peringkat pada setiap alternatif, seperti terlihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.32. Matrik kriteria

Matrik KRITERIA	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7
Initial Cost (c1)	1,00	5,00	3,00	3,00	5,00	5,00	3,00	3,00	0,33
O & M Cost (c2)	0,20	1,00	0,20	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,14
Penghematan Energy (f1)	0,33	5,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	0,33
Recovery ketika black out(f2)	0,33	3,00	0,20	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	0,33
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,20	3,00	0,20	0,33	1,00	0,33	0,33	0,33	0,14
Mudah dalam perawatan (f4)	0,20	3,00	0,20	0,33	3,00	1,00	0,33	0,33	0,14
Continuitas (f5)	0,33	3,00	0,20	0,33	3,00	3,00	1,00	0,33	0,14
Mudah didapat (f6)	0,33	3,00	0,20	0,33	3,00	3,00	3,00	1,00	0,14
Harga yang competitive (f7)	3,00	7,00	3,00	3,00	7,00	7,00	7,00	7,00	1,00
JUMLAH	5,93	33,00	8,20	13,67	30,33	27,67	23,00	20,33	2,71

Tabel 4.34. Matrix alternatif dengan kriteria initial cost

Initial Cost (c1)	a1	a2	a3	Normalisasi Matrik Initial Cost (c1)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	3,0000	0,6522	0,3846	0,7241	0,5870
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	0,1429	0,1304	0,0769	0,0345	0,0806
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,3333	7,0000	1,0000	0,2174	0,5385	0,2414	0,3324
Jumlah	1,5333	13,0000	4,1429	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Selanjutnya untuk matriks pairwise ketiga alternatif berdasar kriteria kriteria yang lain seperti “operation and maintenance”, ”penghematan Energi”, ”recovery ketika blackout”, ”tahan terhadap gangguan dari luar”, ”mudah dalam perawatan”, ”kontinuitas sumber energi”, ”sumber energi yang mudah di dapat”, ”harga sumber energi yang kompetitif” bisa dilihat pada Tabel 4.35 – 4.42 dilampiran 7 halaman 74 - 76.

Dari hasil matriks dan normalisasi matriks kriteria dan alternatif yang telah dilakukan pada table table diatas, maka didapatkan matriks hasil sintesa keputusan terhadap pemilihan desain sistem kelistrikan terbaik. Tabel 4.43. menyajikan peringkat pada pilihan desain sistem kelistrikan. Representative owner (responden 3) memilih desain **2 PLN – Gas engine** sebagai solusi terbaik.

Tabel 4.43. Ranking alternatif desain sistem kelistrikan

kriteria		c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	Bobot setiap alternatif
Kriteria rata rata		0,1835	0,0244	0,1808	0,0948	0,0335	0,0436	0,0573	0,0706	0,3115	
Alternative	1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,5870	0,6584	0,0684	0,1085	0,1022	0,2390	0,0897	0,1376	0,0887	0,2027
	1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0806	0,0887	0,2590	0,5323	0,2114	0,1376	0,3033	0,2390	0,2529	0,2403
	2 PLN - Gas Engine (a3)	0,3324	0,2529	0,6726	0,3592	0,6864	0,6234	0,6070	0,6234	0,6584	0,5569
Jumlah		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Setelah dilakukan sintesa menggunakan AHP, maka perlu dilakukan test konsistensi data untuk mengetahui validasi data yang diberikan oleh responden. Sesuai dengan tabel 2.2 untuk ordo matrik 9 (sesuai dengan jumlah kriteria) random indeks nya adalah 1,5, sehingga rasio konsistensinya adalah sebagai berikut:

$$CI = \frac{10,1491 - 9}{9 - 1} = 0,143641$$

$$\frac{0,143641}{1,5} < 0,1 = 0,09576 < 0,1$$

Syarat konsistensi adalah nilai CI / RI dibawah 0,1 maka dengan nilai 0,09576 maka data dari responden cukup konsisten.

Tabel 4.44. Nilai rata rata eigen maks responden 3

Kriteria	Rata2	Matriks	Nilai Eigen
Initial Cost (c1)	0,2937	3,059282	10,416097
O & M Cost (c2)	0,2172	2,375231	10,93533
Penghematan Energy (f1)	0,1423	1,498679	10,535524
Recovery ketika black out(f2)	0,1167	1,182293	10,134939
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,0803	0,79044	9,849341
Mudah dalam perawatan (f4)	0,0568	0,551499	9,7163975
Continuitas (f5)	0,0418	0,397644	9,504206
Mudah didapat (f6)	0,0298	0,278674	9,3359728
Harga yang competitive (f7)	0,0215	0,209398	9,7487134
	1,0000		10,0196

4.4 Satisficing Option

Initial cost dan LCC diidentifikasi sebagai 'Biaya' dan 7 fungsi lainnya yaitu 'penghematan energi', 'recovery ketika blackout', 'tahan terhadap gangguan dari luar', 'mudah dalam perawatan', 'continuitas', 'mudah didapat', 'harga yang competitive' diidentifikasi sebagai 'Fungsi'. sebuah alternatif ditolak jika mempunyai value di bawah 1 ($F / C < 1$) atau biayanya lebih tinggi dari fungsi. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa ada biaya yang tidak perlu dalam opsi solusi teknis. Dengan preferensi, pengalaman dan latar belakang tiap tiap responden maka didapat value yang berbeda beda pada setiap alternatif.

4.4.1 Responden 1 (Engineering Manager Operation)

Tabel 4.45. Rekapitulasi pilihan alternatif responden 1

	Fungsi							Σ
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,0128	0,0773	0,0551	0,0374	0,0261	0,0186	0,0136	0,2408
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0863	0,0299	0,0170	0,0144	0,0100	0,0071	0,0056	0,1702
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,0432	0,0095	0,0082	0,0050	0,0058	0,0041	0,0023	0,0780
	Biaya				Normalisasi			
	C1	C2	Σ	Loss	Biaya	Fungsi	Value	
1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,1831	0,1491	0,3322	0,0626	0,0930	0,4924	5,2967	
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0404	0,0222	0,0626	0,3322	0,4932	0,3481	0,7057	
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,0702	0,0459	0,1161	0,2787	0,4138	0,1595	0,3853	

Dari Tabel 4.45 di dapatkan hasil fungsi hemat energi (F1) pada alternatif 1 sebesar 0,0128, pada alternatif 2 sebesar 0,0863 sedangkan pada alternatif 3 sebesar 0,0432 jadi bisa disimpulkan fungsi hemat energi paling besar berada pada alternatif ke 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi recovery ketika PLN padam (F2) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0773, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0299 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0095, bisa disimpulkan fungsi recovery ketika PLN padam paling besar berada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi tahan terhadap gangguan dari luar (F3) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0551, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0170 sedangkan pada alternatif 3

(a3) sebesar 0,0082, bisa disimpulkan fungsi tahan terhadap gangguan dari luar paling besar berada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi mudah dalam perawatan (F4) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0374, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0114 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0050, bisa disimpulkan fungsi mudah dalam perawatan paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi kontinuitas sumber energi (F5) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0261, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0100 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0058, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi sumber energi yang mudah didapat (F6) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0186, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0071 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0041, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

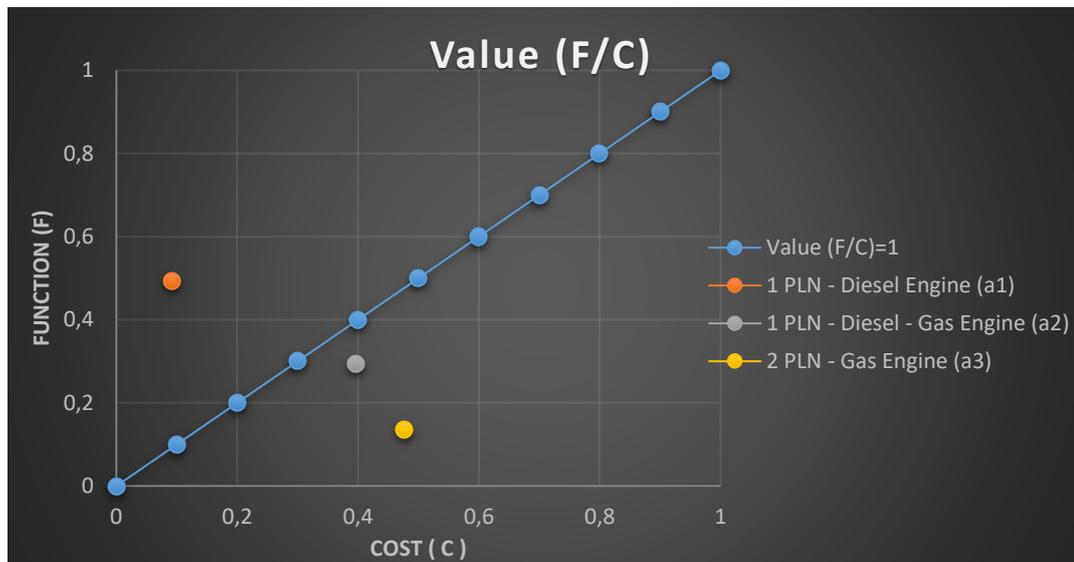
Pada fungsi harga sumber energi yang kompetitive (F7) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0136, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0056 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0023, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada sisi initial cost (C1) alternatif 1 (a1) sebesar 0,1831, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0404 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0702, bisa disimpulkan sisi biaya investasi, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada Operation and maintenance cost (C2) alternatif 1 (a1) sebesar 0,1491, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0222 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0459, bisa disimpulkan sisi biaya operation & maintenance, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Gambar 4.3 memberikan suatu plot fungsi dari pilihan solusi teknis. Angka tersebut didasarkan pada hasil dari tabel 4.45. Perhatikan bahwa meskipun a2 memiliki fungsi yang cukup tinggi, namun ia juga memiliki biaya tinggi sehingga menghasilkan value di bawah 1 ($F / C < 1$). Dalam kasus ini, nilai tertinggi adalah a1 karena memberikan tingkat kepuasan tertinggi karena fungsi tinggi dan biaya rendah ($F / C > 1$). Gambar 4.3 menyediakan plot silang fungsi dan biaya,

Engineering Manager di operational. Alternatif 3 memiliki fungsi dan biaya yang rendah dengan value dibawah 1 ($F/C < 1$) sehingga pilihan ditolak.



Gambar 4.7. Scatterplot cost & fungsi dari pilihan responden 1

4.4.2 Responden 2 (Engineer Proyek)

Tabel 4.46. Rekapitulasi pilihan alternative responden 2

	Fungsi							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Σ
1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,0052	0,0066	0,0098	0,1395	0,0207	0,0491	0,0128	0,2437
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0383	0,0448	0,0240	0,0340	0,1234	0,0815	0,0765	0,4225
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,0147	0,0224	0,0583	0,0697	0,0507	0,0177	0,0315	0,2650
	Biaya				Normalisasi			
	C1	C2	Σ	Loss	Biaya	Fungsi	Value	
1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,0310	0,0178	0,0488	0,0062	0,0646	0,2617	4,0515	
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0036	0,0026	0,0062	0,0488	0,5069	0,4537	0,8951	
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,0083	0,0055	0,0138	0,0413	0,4286	0,2846	0,6641	

Dari Tabel 4.46 di dapatkan hasil fungsi hemat energi (F1) pada alternatif 1 sebesar 0,0052, pada alternatif 2 sebesar 0,0383 sedangkan pada alternatif 3 sebesar 0,0147 jadi bisa disimpulkan fungsi hemat energi paling besar berada pada alternatif ke 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi recovery ketika PLN padam (F2) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0066, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0448 sedangkan pada alternatif 3 (a3)

sebesar 0,0224, bisa disimpulkan fungsi recovery ketika PLN padam paling besar berada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi tahan terhadap gangguan dari luar (F3) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0098, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0240 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0583, bisa disimpulkan fungsi tahan terhadap gangguan dari luar paling besar berada pada alternatif 3 (2 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi mudah dalam perawatan (F4) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,1395, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0340 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0697, bisa disimpulkan fungsi mudah dalam perawatan paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi kontinuitas sumber energi (F5) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0207, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,1234 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0507, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi sumber energi yang mudah didapat (F6) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0491, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0815 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0177, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

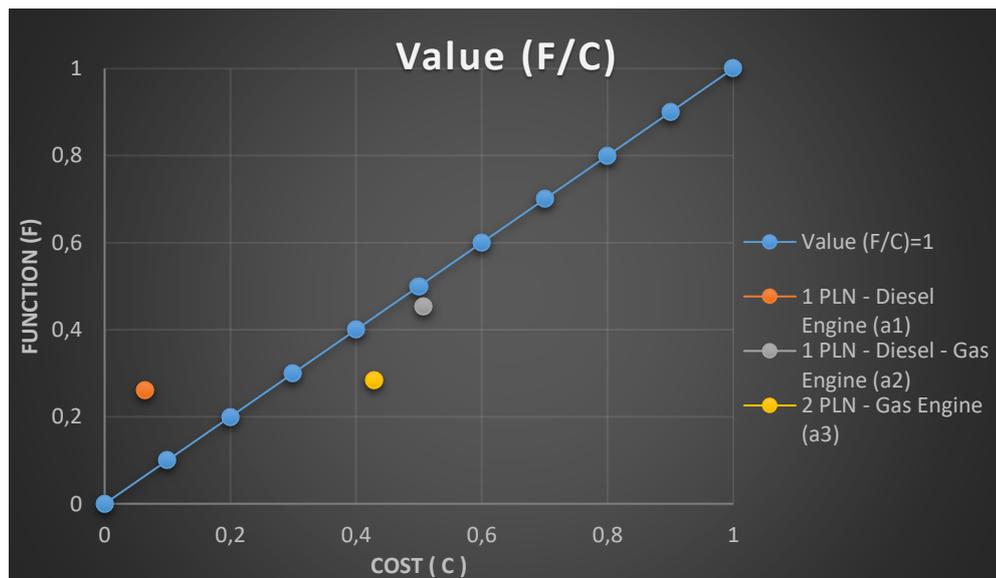
Pada fungsi harga sumber energi yang kompetitive (F7) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0136, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0056 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0023, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada sisi initial cost (C1) alternatif 1 (a1) sebesar 0,0310, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0036 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0083, bisa disimpulkan sisi biaya investasi, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada Operation and maintenance cost (C2) alternatif 1 (a1) sebesar 0,0178, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0026 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0055, bisa disimpulkan sisi biaya operation & maintenance, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Gambar 4.4 memberikan suatu plot fungsi dari pilihan solusi teknis. Angka tersebut didasarkan pada hasil dari Tabel 4.46. Meskipun a2 memiliki fungsi yang

paling tinggi, namun ia juga memiliki biaya tinggi sehingga menghasilkan nilai di bawah 1 ($F/C < 1$). Dalam kasus ini, nilai tertinggi adalah a1 karena memberikan tingkat kepuasan tertinggi dengan fungsi tinggi dan biaya rendah. Gambar 4.4 menyediakan plot silang fungsi dan biaya dari Engineer proyek. Alternatif 3 memiliki fungsi dan biaya yang rendah dengan value dibawah 1 ($F/C < 1$) sehingga pilihan ditolak.



Gambar 4.8. Scatterplot cost & fungsi dari pilihan responden 2

4.4.3 Responden 3 (Representative Owner)

Tabel 4.47. Rekapitulasi pilihan alternatif responden 3

	Fungsi							Σ
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	
1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,0123	0,0102	0,0034	0,0104	0,0051	0,0097	0,0276	0,0789
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0468	0,0504	0,0070	0,0059	0,0173	0,0168	0,0787	0,2233
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,1216	0,0340	0,0230	0,0271	0,0347	0,0440	0,2051	0,4897
	Biaya				Normalisasi			
	C1	C2	Σ	Loss	Biaya	Fungsi	Value	
1 PLN - Diesel Engine (a1)	0,1077	0,0160	0,1238	0,0170	0,0791	0,0997	1,2599	
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,0148	0,0022	0,0170	0,1238	0,5776	0,2820	0,4883	
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,0610	0,0062	0,0672	0,0736	0,3433	0,6183	1,8012	

Dari Tabel 4.47 di dapatkan hasil fungsi hemat energi (F1) pada alternatif 1 sebesar 0,0123, pada alternatif 2 sebesar 0,0468 sedangkan pada alternatif 3 sebesar

0,1216 jadi bisa disimpulkan fungsi hemat energi paling besar berada pada alternatif ke 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada fungsi recovery ketika PLN padam (F2) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0102, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0504 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0340, bisa disimpulkan fungsi recovery ketika PLN padam paling besar berada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi tahan terhadap gangguan dari luar (F3) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0034, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0070 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0230, bisa disimpulkan fungsi tahan terhadap gangguan dari luar paling besar berada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada fungsi mudah dalam perawatan (F4) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0104, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0059 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0271, bisa disimpulkan fungsi mudah dalam perawatan paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi kontinuitas sumber energi (F5) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0051, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0173 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0347, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada fungsi sumber energi yang mudah didapat (F6) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0097, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0168 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0440, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

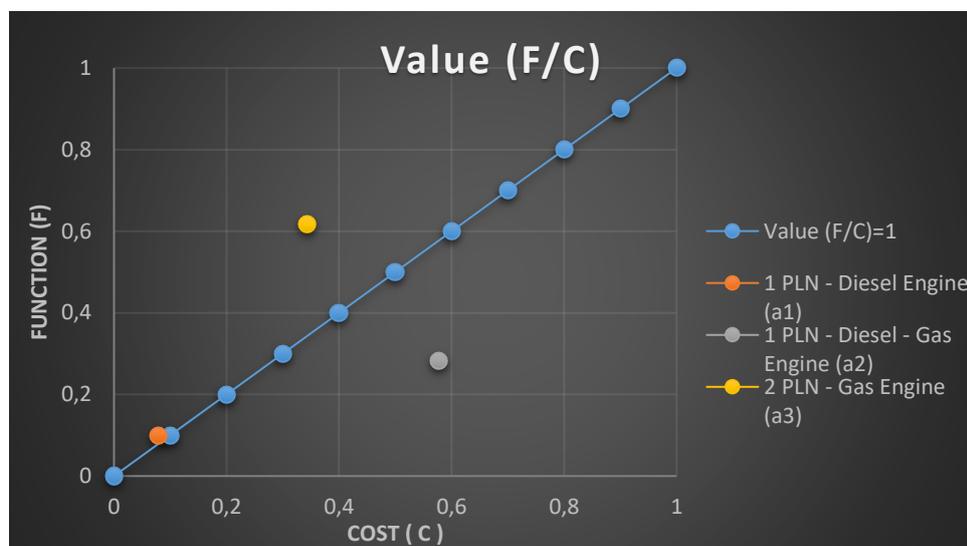
Pada fungsi harga sumber energi yang kompetitive (F7) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0276, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0787 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,2051, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada sisi initial cost (C1) alternatif 1 (a1) sebesar 0,1077, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0148 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0610, bisa disimpulkan sisi biaya investasi, point paling besar berada pada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada Operation and maintenance cost (C2) alternatif 1 (a1) sebesar 0,0160, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0022 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar

0,0062, bisa disimpulkan sisi biaya operation & maintenance, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Gambar 4.5 memberikan suatu plot fungsi dari pilihan solusi teknis. Angka tersebut didasarkan pada hasil dari Tabel 4.47. Meskipun a2 memiliki fungsi yang cukup tinggi, namun ia juga memiliki biaya yang paling tinggi sehingga menghasilkan nilai di bawah 1 ($F / C < 1$). Dalam kasus ini, Alternatif 1 memberikan value diatas 1, namun menurut responden 3 tingkat kepuasan tertinggi dengan fungsi tinggi dan biaya rendah adalah alternatif no 3 dengan nilai 1,8. Gambar 4.5 menyediakan plot silang fungsi dan biaya dari representative owner.



Gambar 4.9. Scatterplot cost & fungsi dari pilihan responden 3

4.5 Agregasi

Setelah diketahui pilihan alternatif pada setiap stake holder dimana stake holder 1 dan 2 telah memilih alternatif 1 sebagai solusi terbaik berdasar fungsi dan biaya, sedangkan stake holder 3 memilih alternatif 3 sebagai solusi terbaik sesuai fungsi dan biaya. Salah satu metode pengambilan keputusan berbasis kelompok adalah menggunakan agregasi, dengan adanya perbedaan pilihan solusi terbaik dari setiap stake holder, maka akan dilakukan agregasi seperti tabel dibawah ini.

Tabel 4.48. Pembobotan untuk setiap alternatif dari semua stakeholder

kriteria	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	BOBOT
Stake Holder 1 (Engineering Manager Operational)										
	0,2937	0,2172	0,1423	0,1167	0,0803	0,0568	0,0418	0,0298	0,0215	
A1	0,6234	0,6864	0,0897	0,6630	0,6864	0,6584	0,6234	0,6234	0,6333	0,5730
A2	0,1376	0,1022	0,6070	0,2559	0,2114	0,2529	0,2390	0,2390	0,2605	0,2329
A3	0,2390	0,2114	0,3033	0,0811	0,1022	0,0887	0,1376	0,1376	0,1062	0,1941
Stake Holder 2 (Engineer Proyek)										
	0,0428	0,0259	0,0582	0,0738	0,0921	0,2432	0,1948	0,1484	0,1207	
A1	0,7235	0,6864	0,0887	0,0897	0,1062	0,5736	0,1062	0,3312	0,1062	0,2925
A2	0,0833	0,1022	0,6584	0,6070	0,2605	0,1399	0,6333	0,5492	0,6333	0,4287
A3	0,1932	0,2114	0,2529	0,3033	0,6333	0,2864	0,2605	0,1196	0,2605	0,2788
Stake Holder 3 (Engineer Proyek)										
	0,1835	0,0244	0,1808	0,0948	0,0335	0,0436	0,0573	0,0706	0,3115	
A1	0,5870	0,6584	0,0684	0,1085	0,1022	0,2390	0,0897	0,1376	0,0887	0,2027
A2	0,0806	0,0887	0,2590	0,5323	0,2114	0,1376	0,3033	0,2390	0,2529	0,2403
A3	0,3324	0,2529	0,6726	0,3592	0,6864	0,6234	0,6070	0,6234	0,6584	0,5569
Agregasi										
A1	0,1073	0,0610	0,0101	0,0314	0,0228	0,0624	0,0173	0,0258	0,0180	0,3561
A2	0,0196	0,0090	0,0572	0,0417	0,0160	0,0181	0,0502	0,0352	0,0536	0,3006
A3	0,0465	0,0192	0,0598	0,0220	0,0299	0,0340	0,0304	0,0220	0,0796	0,3433

Tabel 4.49. Rekapitulasi Agregasi dari 3 responden

	Fungsi							
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Σ
A1	0,0101	0,0314	0,0228	0,0624	0,0173	0,0258	0,0180	0,1878
A2	0,0572	0,0417	0,0160	0,0181	0,0502	0,0352	0,0536	0,2720
A3	0,0598	0,0220	0,0299	0,0340	0,0304	0,0220	0,0796	0,2776
	Biaya				Normalisasi			
	C1	C2	Σ	Loss	Biaya	Fungsi	Value	
A1	0,1073	0,0610	0,1683	0,0286	0,0872	0,2547	2,921646	
A2	0,0196	0,0090	0,0286	0,1683	0,5129	0,3689	0,719156	
A3	0,0465	0,0192	0,0657	0,1312	0,3999	0,3764	0,941282	

Dari Tabel 4.49 di dapatkan hasil fungsi hemat energi (F1) pada alternatif 1 sebesar 0,0101, pada alternatif 2 sebesar 0,0572 sedangkan pada alternatif 3 sebesar 0,0598 jadi bisa disimpulkan fungsi hemat energi paling besar berada pada alternatif ke 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada fungsi recovery ketika PLN padam (F2) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0314, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0417 sedangkan pada alternatif 3 (a3)

sebesar 0,0220, bisa disimpulkan fungsi recovery ketika PLN padam paling besar berada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi tahan terhadap gangguan dari luar (F3) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0228, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0160 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0299, bisa disimpulkan fungsi tahan terhadap gangguan dari luar paling besar berada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada fungsi mudah dalam perawatan (F4) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0624, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0181 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0340, bisa disimpulkan fungsi mudah dalam perawatan paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada fungsi kontinuitas sumber energi (F5) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0173, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0502 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0304, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

Pada fungsi sumber energi yang mudah didapat (F6) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0258, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0352 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0220, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 2 (1 PLN – Diesel Engine – Gas Engine).

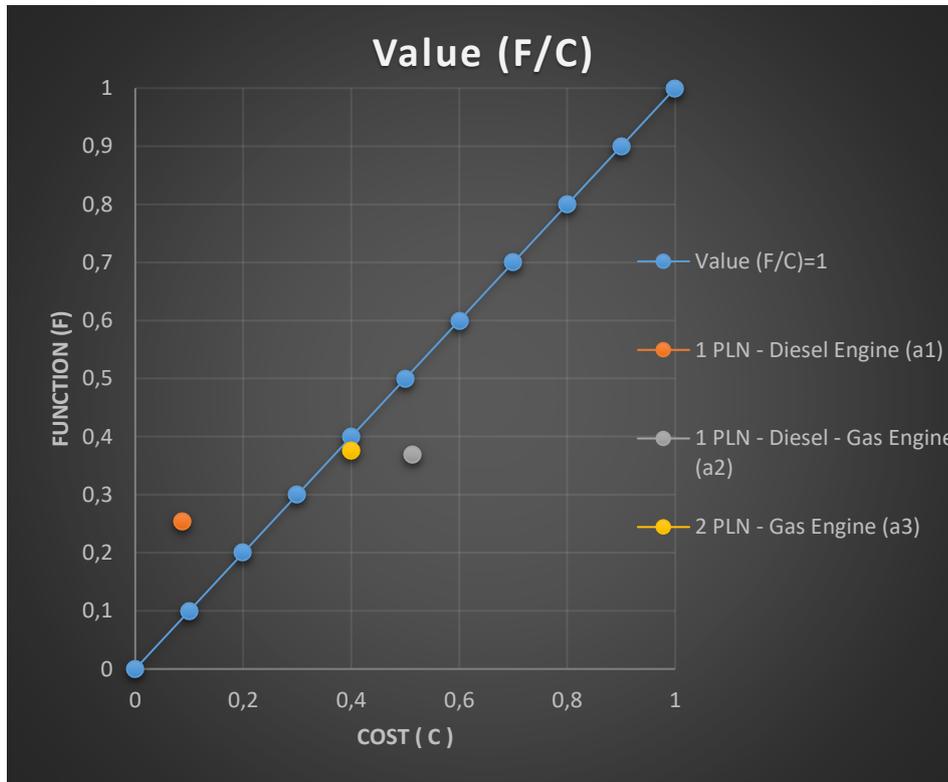
Pada fungsi harga sumber energi yang kompetitive (F7) pada alternatif 1 (a1) sebesar 0,0180, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0536 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0796, bisa disimpulkan fungsi kontinuitas sumber energi paling besar berada pada pada alternatif 3 (2 PLN – Gas Engine).

Pada sisi initial cost (C1) alternatif 1 (a1) sebesar 0,1073, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0196 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0465, bisa disimpulkan sisi biaya investasi, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Pada Operation and maintenance cost (C2) alternatif 1 (a1) sebesar 0,0610, pada alternatif 2 (a2) sebesar 0,0090 sedangkan pada alternatif 3 (a3) sebesar 0,0192, bisa disimpulkan sisi biaya operation & maintenance, point paling besar berada pada pada alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine).

Dari hasil agregasi terlihat mempengaruhi nilai pada alternatif 1 dimana value sebelum agregasi adalah 5,2 (Tabel 4.44) sedangkan setelah agregasi menjadi

2,9 (Tabel 4.49). terlihat pilihan dari stake holder 3 merubah value pada alternatif 1 meskipun tetap menjadi yang tertinggi diantara alternatif yang lain.



Gambar 4.10. Scatterplot hasil agregasi semua stakeholder

4.6 Diskusi dan Pembahasan

Engineering manager memilih alternatif 1 sebagai alternatif terbaik berdasar fungsi dan biaya. Alternatif 1 secara initial cost paling rendah dibanding alternatif 2 dan 3, namun secara LCC menjadi paling mahal dibanding yang lain. Pada sisi fungsi, engineering manager menitik beratkan pada kriteria “recovery ketika blackout/PLN shutdown” karena masuk dalam layanan ke banyak pihak. Sesuai hasil quisioner alternatif 1 mempunyai value tertinggi yaitu 5,29 dibanding alternatif yang lain. Dengan value diatas 1 “Fungsi/Cost > 1” maka alternatif 1 cocok menjadi alternatif terbaik.

Engineer proyek memilih alternatif 1 sebagai alternatif terbaik berdasar fungsi dan biaya. Alternatif 2 memiliki fungsi yang besar yaitu “0,4357” namun, secara biaya juga paling tinggi diantara alternatif yang lain yaitu “0,5069” sehingga value nya dibawah 1 “Fungsi/cost > 1” dan ditolak sebagai alternatif terbaik. Sesuai hasil quisioner alternatif 1 mempunyai value tertinggi yaitu 4,05 dibanding

alternatif yang lain. Dengan value diatas 1 “Fungsi/Cost > 1” maka alternatif 1 cocok menjadi alternatif terbaik.

Representative owner memilih alternatif 3 sebagai alternatif terbaik berdasar fungsi dan biaya. Alternatif 1 mempunyai value “1,25” namun masih lebih besar alternatif 3 yaitu “1,80”. Pada sisi fungsi, Representative owner menitik beratkan pada kriteria “penghematan energi selama operasional gedung” karena biaya energi setiap tahun akan meningkat dan menjadi beban seumur hidup. Sesuai hasil quisioner alternatif 3 mempunyai value tertinggi yaitu 1,80 dibanding alternatif yang lain. sesuai rumus “Fungsi/Cost > 1” maka alternatif 3 cocok menjadi alternatif terbaik.

Dengan perbedaan value pada masing masing stakeholder dilakukan agregasi sehingga di dapat hasil :

Alternatif 1 menempati peringkat 1 dengan value 2,92

Alternatif 2 menempati peringkat 3 dengan value 0,71

Alternatif 3 menempati peringkat 2 dengan value 0,94

Hasil agregasi yang memilih PLN kombinasi dengan Diesel engine sejalan dengan penelitian Kanoglu & Dencer, (2009) tentang penilaian *performance* dari 4 cogeneration pembangkit listrik, turbin sistem, gas engine sistem, diesel engine sistem dan geothermal sistem yang dipertimbangkan untuk diaplikasikan di gedung, Diesel sistem mempunyai energy efisiensi tertinggi dibanding yang lain.

Hasil penelitian ini yang memilih PLN - diesel engine sejalan dengan penelitian di venezuela, pemilihan diesel engine sebagai pembangkit listrik adalah biaya investasi yang rendah karena tidak perlu banyak infrastruktur yang dibangun dibanding dengan pembangkit listrik yang lain, misal jalur pipa untuk pembangkit tenaga gas dan juga diesel lebih efisien jika dinyalakan jam jam tertentu yaitu beban puncak (Gonzalez dkk, 2018).

Dari hasil wawancara dengan stakeholder 3 alasan mengenai pendapatnya memilih alternatif 3 sebagai solusi terbaik adalah harus dicari titik keseimbangan antara initial cost (biaya awal proyek) dengan fungsi yang diperlukan selama operasional gedung (mulai penghematan ketika operasional hingga recovery saat PLN shutdown). Ketika disinggung mengenai pilihan stake holder 1 dan 2 yang lebih memilih Alternatif 1 sebagai solusi terbaik, stakeholder 3 berasumsi bahwa

stakeholder 1 lebih memilih alternatif 1 adalah kemudahan dalam hal operasional tidak banyak peralatan yang akan dirawat sedangkan stakeholder 2 karena kemudahan dalam instalasi dan tidak terlalu kompleks sehingga proyek cepat selesai.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Stakeholder 1 dan 2 memilih alternatif 1 (1 PLN dan Diesel Engine) sebagai desain terbaik berdasarkan fungsi dan biayanya, sedangkan stakeholder 3 memilih alternatif 3 (2 PLN dan Gas Engine) sebagai desain terbaik berdasarkan fungsi yang didapat dengan biaya yang dikeluarkan.
2. Dengan perbedaan value pada masing masing stakeholder dilakukan agregasi sehingga di dapatkan Alternatif 1 (1 PLN – Diesel Engine) sebagai desain terbaik berdasar fungsi yang didapat dengan biaya yang dikeluarkan.

5.2 Saran

Dikarenakan keterbatasan pada penelitian ini dalam hal perolehan data baik wawancara maupun literature review dan analisis yaitu belum adanya kriteria dampak terhadap lingkungan pada masing masing alternatif sesuai dengan penelitian pasaoglu dkk (2018), sehingga untuk penelitian selanjutnya kriteria dampak lingkungan bisa dimasukkan dalam kriteria fungsi penentuan alternatif pembangkit listrik.

Dari sisi biaya variable nilai sisa peralatan dan biaya penggantian peralatan diluar perawatan yang terjadwal bisa dimasukkan dalam perhitungan LCC untuk penelitian selanjutnya. Dari sisi pengambilan keputusan berbasis kelompok bisa dilanjutkan sampai keputusan kelompok berbasis koalisi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Akash, B.A., Mamlook, R., & Mohsen, M.S. (1999). Multi – Criteria selection of electric power plants using analytical hierarchy process. *Electrical power system research* 52 (1999) 29 – 35.
- Amriadi, I. (2013). *Optimasi Bahan Bakar Pada Pembangkit listrik PT CPI Dengan Metode Linear Programming*. Surabaya. Tesis Magister Management Teknologi ITS.
- Chan, Albert P. C., Scott, D., & Chan, P. L. (2004). Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of Construction Engineering and Management @ ASCE/ JANUARY/FEBRUARY 2004*.
- Chumaidi, M. (2017). *Implementasi Value Based Decision pada pemilihan metode kerja ereksi girder pada pekerjaan jembatan kali marmoyo berdasarkan kriteria finansial dan non finansial*. Surabaya. Tesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Darmanto. (2017). *Perancangan sistem penilaian kinerja supplier dengan metode analytical hierarchy process (AHP) study kasus – PT CPY Kalimantan*. Surabaya. Tesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Erdogan, S. A., Saparaukas, J. & Turkis, Z. (2017). Decision Making In Construction Management: AHP and Expert Choice Approach. *Procedia Engineering* 172 (2017) 270 – 276.
- Fatchiyah, N. (2011). *Aplikasi matriks dalam teori permainan untuk menentukan strategi pemasaran*. Malang. Skripsi fakultas sains dan teknologi universitas islam negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Fuadie, D. F. (2017). *Analisis faktor penyebab dan dampak kesalahan desain pada proyek di PT. Pertamina MOR V*. Surabaya. Tesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Firmansyah, F. A. (2011). *Penerapan Metode Value Analysis Untuk Penurunan Biaya knalpot Tipe X pada PT Y*. Depok. Skripsi Fakultas Teknik Industri Universitas Indonesia.
- Fong, K.F & Lee, C.K. (2014). Performance analysis of internal – combustion – Engine primed trigeneration system for use in high-rise office building in hongkong. *Journal of Applied Energy xxx*.

- Gonzalez, A.L, Domenech, B., Marti, L.F. (2018). Life time, Cost and fuel efficiency in diesel project for rural electrification in Venezuela. *Journal Energy Policy* 121.
- Jasril dan Mustakim. (2011). Impelemetasi Penggabungan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan Metode *The Satisficing Models* untuk Pemilihan Lokasi Pembangunan Perumahan. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri Vol. 9 No. 1*, 88-96.
- Jufrizel, Irfan, M. (2017). *Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On – Grid*. Seminar Nasional Teknologi Informasi, komunikasi dan Industri. UIN Sultan Syarif Kasim Riau.
- Katal, F., Fazelpour, F. (2018). Multi – criteria evaluation and priority analysis of different type of existing power plants in Iran: An optimized energy planning system. *Journal Renewable Energy* 120 : 163 – 177.
- Kanoglu, M., Dincer, I. (2009). Performance assesment of Cogeneration plants. *Journal Energy Conversion and Management* 50.
- Kelly J, and Male, S. (1993). *Value Management in Design and Construction*. London: E&FN Spon.
- Kurniawan, V. U. (2009). *Penerapan Value Engineering Dalam penyelenggaraan Infrastruktur Bidang Ke-pu-an di Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum Dalam Usaha Meningkatkan Efektifitas penggunaan Anggaran*. Depok. Tesis Fakultas Teknik Sipil Kekhususan manajemen Konstruksi Universitas indonesia.
- Kusumadewi, S. (2004). Penentuan lokasi pemancar televisi menggunakan fuzzy multi criteria decision making. *Media informatika journal, Vol 2, No 2*, 57 – 64.
- Luo, X, Shen, G. Q., Fan, S & Xue, X. (2011). A group decision support system for implementing value management methodology In construction briefing. *International Journal of Project management* 29:1003 – 1007.
- Manajemen Ciputra World Surabaya (PT Win Win Realty Centre). 2017. Data Pembelian, Maintenance dan Gambar Pendukung.
- Matteson, S. (2014). Methods for multi criteria sustainability and reliability assessmnets of power system. *Journal Energy xxx : 1-7*
- Mayasari, F. (2012). *Perhitungan Biaya EksternalPembangkit Listrik Tenaga Uap Studi*

- Kasus : PLTU Paiton*. Depok. Tesis Fakultas Teknik Elektro Universitas Indonesia.
- Pasaribu, M. F. & Puspita, R. (2016). Tahap informasi, kreatif, dan analisa pada rekayasa nilai untuk meningkatkan kualitas pelayanan hotel. *Industrial Engineering Journal*, Vol 5, No 2, 46 – 51.
- Pasaoglu, G., Garcia, N.P., Zubi, Ghassan. (2018). A multi – Criteria and multi expert decision aid approach to evaluate the future turkish power plant portfolio. *Journal Energy Policy* 119 :654 – 665.
- PLN, (2014). Komite Niaga no 005 K/KOMITE – NIAGA/DIR/ 2014. Matrik Layanan Khusus Premium.
- Priyo, M & Sartika. (2014). Analisa waktu pelaksanaan proyek konstruksi dengan variasi penambahan jam kerja. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, Vol 17, No 2, 98 – 105 November.
- Rusli, A. (2013). *Pemilihan Kontraktor Perbaikan Rotor di Pembangkit Listrik PT XYZ Dengan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process dan Goal Programming*. Surabaya. Tesis Magister Manajemen Teknologi ITS.
- Saaty, T. (2002). Decision Making with the Analytical Hierarchy Process. *Scienta Iranica*, Vol 9, No 3, 215 – 229 July.
- Saaty, T. (2005). *Theory and Application of the analytic Network process*, RWS Publication pittsburgh.
- Sesmiwati, Ariyani, V.,Roza, F. (2017). Review Penyebab keterlambatan Pada proyek Konstruksi. Seminar nasional strategi pengembangan infrastruktur ke 3. Institut Teknologi Padang.
- Utomo, C., Idrus, A. & Napih, M. (2009). Aggregation and Coalition Formation On Value based. *World Academy of science, Engineering and Technology, International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economics and Industrial Engineering*.
- Utomo, C. & Idrus, A. (2010). Value – based group Decision on support bridge selection. *World Academy of science, Engineering and Technology*, Vol 4, no 7.
- Utomo, C. & Idrus, A. (2011). Negotiation Support for Value – based Decision in Construction. *World Academy of science, Engineering and Technology*,

International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economics and Industrial Engineering Vol 5, no 12.

Rekapitulasi Hasil Wawancara untuk Survey Pendahuluan

No.	Pertanyaan	Jawaban Bapak Budi Santoso	Jawaban Bapak Eko Wahyudi	Jawaban Bapak Nardi Alamsyah
1.	Berapa lama bekerja di bidang kelistrikan?	Saat tahun 2000 saya masuk kerja di sebuah perusahaan. Disitu saya bekerja di bagian Elektrikal Pabrik.	Sejak tahun 1996 di konsultan perencana dan pengawas.	Kurang lebih 20 tahun Sejak tahun 1996, saya sudah bekerja di perhotelan yang menangani system kelistrikan.
2.	Bidang listrik apa yang bapak tangani?	System control dan automation, instalasi listrik, panel dan power plant. Lebih banyak ke system power plant.	Perencanaan dan pengawas pada sistem highrise building, terutama pada sistem utama di power house, dan distribusi dan instalasi listrik	- Arus kuat (instalasi dan distribusi) - Arus lemah (System control dan automation).
3.	Apa itu Power Plant, bisa dijelaskan?	Power Plant lebih gampangnya sumber daya listrik di suatu pabrik, gedung, atau suatu kawasan tertentu. Sumber listrik bisa berasal PLN dan atau pembangkit listrik sendiri. Intinya power plant mengontrol dari satu atau beberapa sumber listrik yang akan didistribusikan. Serta fungsi utama dari power plant adalah menjaga pasokan listrik agar tetap tersedia.	Power Plant adalah penghasil listrik (selain PLN) untuk mensupply energi listrik ke beban. Fungsi utama dari power plant adalah menjaga kesetabilan dan kontinuitas serta masalah safety dan proteksi dalam operasional sebuah beban baik Mall, Apartemen, Office maupun Hotel.	Power Plant lebih dikenal dengan istilah pembangkit listrik yang difungsikan menjaga tidak putusnya listrik untuk fasilitas mendasar seperti lampu penerangan, proses dan juga sistem lingkungan. pada setiap bangunan gedung (perhotelan .apartemen ,mall,pabrik,dll), sesuai dengan daya / kebutuhan yang di inginkan,.dimana sumbernya bisa dari PLN,Generator.dll.

4.	Seperti yang Bapak bilang diatas, selain PLN apa saja pembangkit listrik yang ada?	<p>Misalnya;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diesel atau yang lebih dikenal genset berbahan bakar solar - Turbin; ada turbin gas, uap, air, angin - Solar cell yang bersumber dari sinar matahari. - Tenaga Nuklir - Mikro Hydro 	<p>Misalnya;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diesel atau yang lebih dikenal genset berbahan bakar solar - Turbin; ada turbin gas, uap, air, angin - Solar cell yang bersumber dari sinar matahari. - Tenaga Nuklir - Mikro Hydro - Tenaga Angin 	<ul style="list-style-type: none"> - Generator set - Solar cell - Hydro elektrik - Energy gelombang - Batu bara - Biomass - Energy angin - Energy panas bumi /geothermal dll.
5.	Jenis pembangkit listrik apa yang pernah bapak tangani?	<ul style="list-style-type: none"> - Diesel Engine, bahan bakar solar - Gas Turbine, bahan bakar gas - Steam Turbine, penggerak utama pakai uap - Gas Engine, bahan bakar gas 	<ul style="list-style-type: none"> - Diesel Engine, bahan bakar solar - Gas Turbine, bahan bakar gas - Steam Turbine, penggerak utama pakai uap - Gas Engine, bahan bakar gas - PLTB ,bahan bakar angin 	<ul style="list-style-type: none"> - Generator set dengan bahan bakar solar
6.	Kendala-kendala apa yang ada di power plant?	Seperti tujuan awal dari power plant, listrik harus tersedia secara terus menerus. Jika harus mati harus seminim mungkin. Jika	1. Tersedianya tenaga ahli atau man power performance saat terjadi trouble shoot	Transmission fault (transmisi yang rusak atau bermasalah)

		salah satu sumber listrik mati, sumber listrik yang lain harus bisa membackup dan sesegera mungkin. Disinilah masalah sering muncul. Saat pembangkit cadangan diperlukan, trouble tidak bisa start. Accu drop, relay rusak, starter rusak, modul control blank. System pendingin, radiator bocor. Syatem overload, hunting, trip. Disinilah peran maintenance secara periodic sangat diperlukan. Itupun tidak menjamin 100% tidak rusak.	<ol style="list-style-type: none"> 2. Pasokan sumber utama (PLN) yang harus di ikuti startup backup pembangkit 3. Menghadapi inrush current pada beberapa beban besar 	<ul style="list-style-type: none"> -Distribusi swtching faullt (switching distribui yang bermaassalah atau rusak) -Adanya sambaran petir yg berakibat rusaknya beberapa peralatan seperti gardu listrik, tower listrik atau equiptmen lainnya. -Equiptmen beroperasi secara bersamaan -karena kesalahan wiring atau grounding bermasalah yg mengaibatkan mati lampu, voltase rendah, voltase loncat ketinggian, voltase naik turun .
7.	Hal-hal apa saja yang perlu dipertimbangkan saat menentukan jenis power plant?	<p>Power plant dibangun dengan tujuan menjaga pasokan listrik agar selalu tersedia.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sumber bahan bakar mudah didapat - Kecepatan pembangkit saat merecovery listrik yang mati (missal black out) - Kehandalan dari pembangkit listrik - Efisiensi dari harga listrik yang dihasilkan. - Harga investasi 	<ul style="list-style-type: none"> - pemilihan sistem dengan efisiensi operasional serta investasi selalu bertolak belakang terutama dalam pembiayaan. - Space atau ruangan yang harus mengalah dengan kepentingan market - Faktor pembuangan gas buang yang harus memperhatikan kepentingan lingkungan 	<ul style="list-style-type: none"> - Lokasi - kapasitas - kehandalan equipment - kesediaan spare part/after sales. - Efisiensi energy - Ramah lingkungan - Investasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 1 : hasil wawancara untuk survey pendahuluan

Nama Responden : Budi Santoso
Jabatan : Chief Engineer Mal Ciputra World
Latar Belakang Pendidikan : S-1 Electrical Engineer
Tanggal wawancara : 12 Januari 2018
Lokasi wawancara : Kantor Engineering Ciputra world mal Lantai 5

1. Berapa lama bekerja di bidang kelistrikan?

Jawab:

Saat tahun 2000 saya masuk kerja di sebuah perusahaan. Disitu saya bekerja di bagian Elektrikal Pabrik.

2. Bidang listrik apa yang bapak tangani?

Jawab:

System control dan automation, instalasi listrik, panel dan power plant. Lebih banyak ke system power plant.

3. Apa itu Power Plant, bisa dijelaskan?

Jawab:

Power Plant lebih gampangnya sumber daya listrik di suatu pabrik, gedung, atau suatu kawasan tertentu. Sumber listrik bisa berasal PLN dan atau pembangkit listrik sendiri. Intinya power plant mengontrol dari satu atau beberapa sumber listrik yang akan didistribusikan. Serta fungsi utama dari power plant adalah menjaga pasokan listrik agar tetap tersedia.

4. Seperti yang Bapak bilang diatas, selain PLN apa saja pembangkit listrik yang ada?

Jawab:

- Diesel atau yang lebih dikenal genset berbahan bakar solar
- Turbin; ada turbin gas, uap, air, angin
- Solar cell yang bersumber dari sinar matahari.
- Tenaga Nuklir
- Mikro Hydro

5. Jenis pembangkit listrik apa yang pernah bapak tangani?

Jawab:

- Diesel Engine, bahan bakar solar

- Gas Turbine, bahan bakar gas
- Steam Turbine, penggerak utama pakai uap
- Gas Engine, bahan bakar gas

6. Kendala-kendala apa yang ada di power plant?

Jawab:

Seperti tujuan awal dari power plant, listrik harus tersedia secara terus menerus. Jika harus mati harus seminim mungkin. Jika salah satu sumber listrik mati, sumber listrik yang lain harus bisa membackup dan sesegera mungkin. Disinilah masalah sering muncul. Saat pembangkit cadangan diperlukan, trouble tidak bisa start. Accu drop, relay rusak, starter rusak, modul control blank. System pendingin, radiator bocor. Syatem overload, hunting, trip. Disinilah peran maintenance secara periodic sangat diperlukan. Itupun tidak menjamin 100% tidak rusak.

7. Hal-hal apa saja yang perlu dipertimbangkan saat menentukan jenis power plant?

Jawab:

Power plant dibangun dengan tujuan menjaga pasokan listrik agar selalu tersedia, jadi pemilihan system harus tepat. Maka harus diperhatikan;

- Sumber bahan bakar mudah didapat
- Kecepatan pembangkit saat merecovery listrik yang mati (missal black out)
- Kehandalan dari pembangkit listrik
- Efisiensi dari harga listrik yang dihasilkan.
- Harga investasi

Lampiran 2 : hasil wawancara untuk survey pendahuluan

Nama Responden : Eko Wahyudi
Jabatan : Engineer Proyek Ciputra World Phase 1 - 3
Latar Belakang Pendidikan : S-1 Electrical Engineer
Tanggal Wawancara : 12 Januari 2018
Lokasi Wawancara : kantor proyek ciputra world mal lantai 4

1. Berapa lama bekerja di bidang kelistrikan?

Jawab:

Sejak tahun 1996 di konsultan perencana dan pengawas.

2. Bidang listrik apa yang bapak tangani?

Jawab:

Perencanaan dan pengawas pada sistem highrise building, terutama pada sistem utama di power house, dan distribusi dan instalasi listrik

3. Apa itu Power Plant, bisa dijelaskan?

Jawab:

Power Plant adalah penghasil listrik (selain PLN) untuk mensupply energi listrik ke beban. Fungsi utama dari power plant adalah menjaga kesetabilan dan kontinuitas serta masalah safety dan proteksi dalam operasional sebuah beban baik Mall, Apartemen, Office maupun Hotel.

4. Seperti yang Bapak bilang diatas, selain PLN apa saja pembangkit listrik yang ada?

Jawab:

Misalnya;

- Diesel atau yang lebih dikenal genset berbahan bakar solar
- Turbin; ada turbin gas, uap, air, angin
- Solar cell yang bersumber dari sinar matahari.
- Tenaga Nuklir
- Mikro Hydro
- Tenaga Angin

5. Jenis pembangkit listrik apa yang pernah bapak tangani?

Jawab:

- Diesel Engine, bahan bakar solar

- Gas Turbine, bahan bakar gas
- Steam Turbine, penggerak utama pakai uap
- Gas Engine, bahan bakar gas
- PLTB ,bahan bakar angin

6. Kendala-kendala apa yang ada di power plant?

Jawab:

1. Tersedianya tenaga ahli atau man power performance saat terjadi trouble shoot
2. Pasokan sumber utama (PLN) yang harus di ikuti startup backup pembangkit
3. Menghadapi inrush current pada beberapa beban besar

7. Hal-hal apa saja yang perlu dipertimbangkan saat menentukan jenis power plant?

Dalam perencanaan power plant kendala yg dihadapi adalah ,

1. pemilihan sistem dengan efisiensi operasional serta investasi selalu bertolak belakang terutama dalam pembiayaan.
2. Space atau ruangan yang harus mengalah dengan kepentingan marketing
3. Faktor pembuangan gas buang yang harus memperhatikan kepentingan lingkungan

Lampiran 3 : hasil wawancara untuk survey pendahuluan

Nama Responden : Nardi Alamsyah
Jabatan : Chief Engineer Hotel Swiss bell
Latar Belakang Pendidikan : S-1 Electrical Engineer
Tanggal Wawancara : 13 Januari 2018
Lokasi Wawancara : Kantor Engineering Hotel CWS

1. Berapa lama bekerja di bidang kelistrikan?

Jawab:

Kurang lebih 20 tahun

Sejak tahun 1996,saya sudah bekerja di perhotelan yang menangani system kelistrikan.

2. Bidang listrik apa yang bapak tangani?

Jawab:

- Arus kuat (instalasi dan distribusi)
- Arus lemah (System control dan automation).

3. Apa itu Power Plant, bisa dijelaskan?

Jawab:

Power Plant lebih dikenal dengan istilah pembangkit listrik yang difungsikan **menjaga tidak putusnya listrik untuk fasilitas mendasar seperti lampu penerangan, proses dan juga sistem lingkungan.** pada setiap bangunan gedung (perhotelan .apartemen ,mall,pabrik,dll), sesuai dengan daya / kebutuhan yang di inginkan,.dimana sumbernya bisa dari PLN,Generator.dll.

4. Seperti yang Bapak bilang diatas, selain PLN apa saja pembangkit listrik yang ada?

Jawab:

- Generator set
- Solar cell
- Hydro elektrik

- Energy gelombang
- Batu bara
- Biomass
- Energy angin
- Energy panas bumi /geothermal dll.

5. Jenis pembangkit listrik apa yang pernah bapak tangani?

Jawab:

- Generator set dengan bahan bakar solar

6. Kendala-kendala apa yang ada di power plant?

Jawab:

- Transmission fault (transmisi yang rusak atau bermasalah)
- Distribusi swtching faultt (switching distribui yang bermaassalah atau rusak)
- Adanya sambaran petir yg berakibat rusaknya beberapa peralatan seperti Gardu listrik ,tower listrik atau equiptmen lainnya.
- Equiptmen beroperasi secara bersamaan
- karena kesalahan wiring atau grounding bermasalah yg mengaibatkan mati lampu,voltase rendah,
Voltase loncat ketinggian,voltase naik turun .

7. Hal-hal apa saja yang perlu dipertimbangkan saat menentukan jenis power plant?

Jawab:

- Lokasi
- kapasitas
- kehandalan equipment
- kesediaan spare part/after sales.
- Efisiensi energy
- Ramah lingkungan
- Investasi.

Lampiran 4 : SPK pembelian diesel engine dan gambar yang sudah terpasang di cws phase 1

FLATRON L177WSB

Approach - [SPKAPRIN-SPK]
Program SPK

Surat Perintah Kerja

No.SPK: 0076 | Dept: K | Bln: V | Thn: 2010 | PT: PSC | Eks: /S | Tgl.SP: 26 May 10

CO: TDF: MO: RO: BA: MOK:
 UP: PB: Nomor SP3: _____ Status SPK: Aktif Batal No_Report

PIHAKE I: 12 | PIHAKE II: 1914

PIHAKE I: Hongky Zein, Direktur Utama, PT. PANCARAN SUARA CITRA, Mayjend Sungkono 87 RT RW Gunungsari, Dukuh Pakis, Surabaya

PIHAKE II: Pandu Erman Narendra Putra, Direktur Utama, Conductorjasa Suryapersada, PT, Jl. Rungkut Industri IV/18, Surabaya

Blok/No. _____ Unit _____

Pelaksanaan	PPn %	Ret.%	Hari
19/05/10	28/12/10	10	223

DP % _____ DP NILAI _____

Konversi: 1.00

MU	USD	Nilai SPK
		530.000,00
		PPn 10% 53.000,00
		Nilai Kontrak Pembulatan 583.000,00

Kawasan: 123.1 Mall Ciputra World
 COA: 805.04.04 Genset 11 42.100
 Beban: 2150 PT. PANCARAN SUARA CITRA - Residential Project - Residential P
 Pekerjaan: Supply Diesel Genset
 Terbilang: Lima ratus delapan puluh tiga ribu rupiah.

SAKSI: rzan R. Azis (JAB: Project Manager, CP: Hongky Zein, Keu: Tnawati, QS: CHATARINA, PM: rzan R. Azis)

Rincian Pekerjaan:

ID	KD	NO	KAW	PEK	ITEM PEKERJAAN	Type	Kavling	Sat.	Vol.	Harga Satuan	Total Harga
1		1	123.1	805.04.04	Supply Diesel Genset 2000 KVA			unit	2	265.000,00	530.000,00

Keterangan: _____

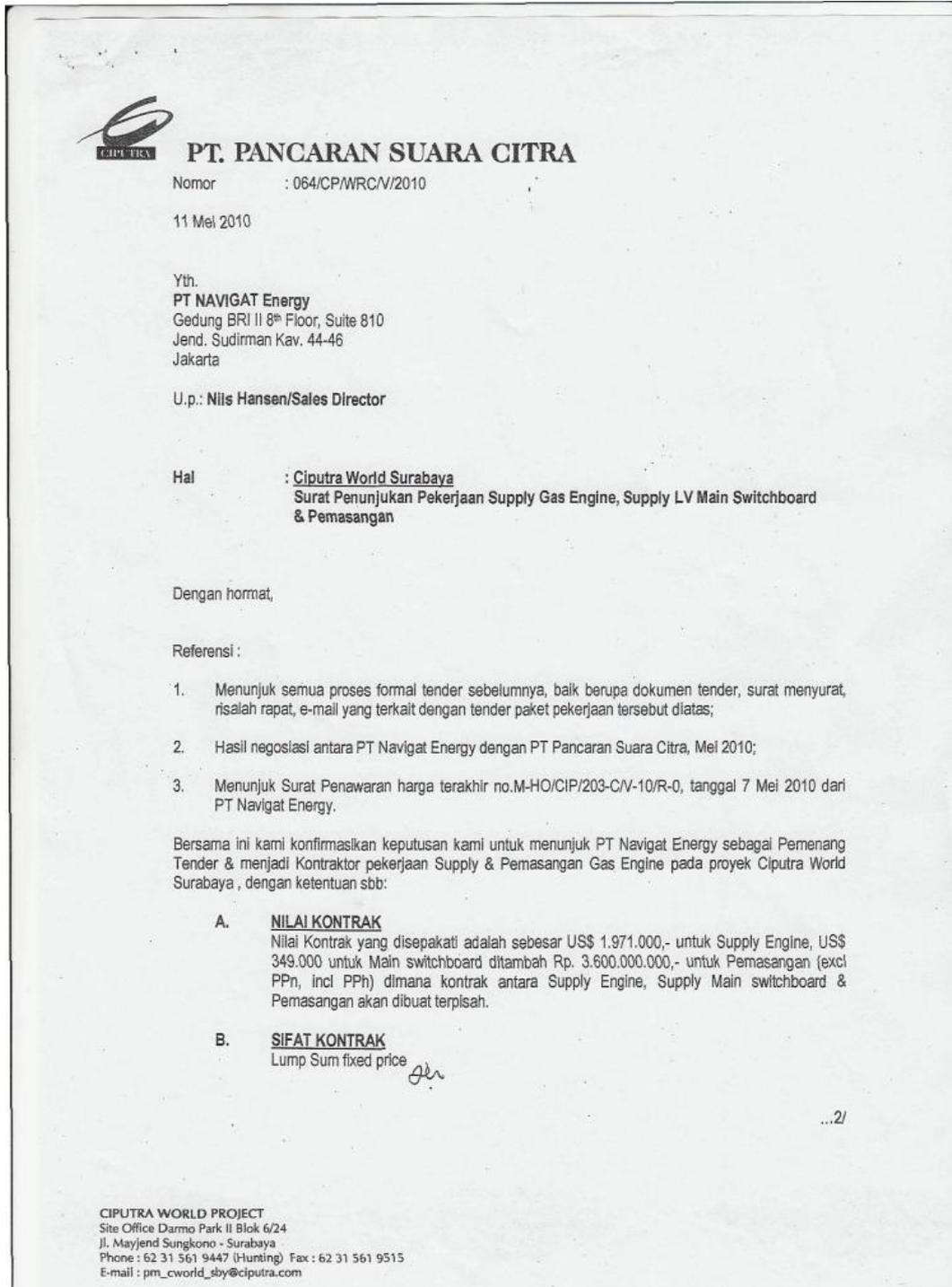
Menu: BAP Cari Cetak (Rp): 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 R-1 R-2 P (\$) : 8 9 R-1 <<>>

Surat perintah kerja pembelian Diesel 2010



Diesel Engine 2000KVA

Lampiran 5 : SPK, Kontrak Maintenance Gas Engine dan gambar yang sudah terpasang di cws phase 1



SPK pembelian Gas Engine



Spares Calculator- GEJ Preventive Maintenance Prod Line 2010

Site Name:
 Engine Type: 1 X JGS 612 Natural Gas (0-60,000 OPH) Versions F01,02,09,11,12,101,102,111,112
 Ref:NE/CC/Pro-01C/IV/10 Dt 13-04-10

Interval	Individual Cost			Total Cost		
	OPH	Spares Cost	Spark Plug Service Cost	Spares Cost	Service Cost	Cost Per Year
Year 1						
2,000	€ 1,051	€ 16,997	€ 330	€ 27,709	€ 1,405	€ 29,114
4,000	€ 1,051		€ 330			
6,000	€ 7,559		€ 415			
8,000	€ 1,051		€ 330			
Year 2						
10,000	€ 15,187	€ 16,997	€ 2,780	€ 41,845	€ 3,855	€ 45,700
12,000	€ 7,559		€ 415			
14,000	€ 1,051		€ 330			
16,000	€ 1,051		€ 330			
Year 3						
18,000	€ 7,559	€ 16,997	€ 415	€ 99,026	€ 6,020	€ 105,046
20,000	€ 65,880		€ 4,880			
22,000	€ 1,051		€ 330			
24,000	€ 7,559		€ 415			
Year 4						
26,000	€ 1,051	€ 16,997	€ 330	€ 259,402	€ 14,970	€ 274,372
28,000	€ 1,051		€ 330			
30,000	€ 239,252		€ 13,980			
32,000	€ 1,051		€ 330			
Year 5						
34,000	€ 1,051	€ 16,997	€ 330	€ 92,518	€ 5,935	€ 98,453
36,000	€ 7,559		€ 415			
38,000	€ 1,051		€ 330			
40,000	€ 65,880		€ 4,880			
Year 6						
42,000	€ 7,559	€ 16,997	€ 415	€ 34,217	€ 1,490	€ 35,707
44,000	€ 1,051		€ 330			
46,000	€ 1,051		€ 330			
48,000	€ 7,559		€ 415			
Year 7						
50,000	€ 15,187	€ 16,997	€ 2,780	€ 41,845	€ 3,855	€ 45,700
52,000	€ 1,051		€ 330			
54,000	€ 7,559		€ 415			
56,000	€ 1,051		€ 330			
Year 8						
58,000	€ 1,051	€ 8,499	€ 330	€ 247,650	€ 330	€ 247,880
60,000	€ 238,000		€ 0			
Summary in Total(Euros)				€ 844,114	€ 37,860	€ 881,974
Per Engine Electrical Output(kWh)				1,999		
Duration(OPH)				59,999		
Energy Generated (kW)				119,878,002		
Euro per kWh				€ 14.07	€ 0.63	€ 14.70
Euro per kW				€ 0.007041442	€ 0.000315821	€ 0.007357263
Rp per kWh (conversion at Rp12,500/Euro)				Rp 88.0	Rp 3.9	Rp 92.0
Discount Factor 20%				Rp 17.6	Rp 0.8	Rp 18.4
Rp per kWh After Discount				Rp 70.4	Rp 3.2	Rp 73.6

Std Terms & Condition:
 Price Basis-Ex Navigat Ware House Based on GEJ Prod.Line 2010 Validity till 31st December 2010
 Annual Price Escalation of 5% will be effected from 1st of January every year

maximum of 1.25% / year

M 06/10
ijulson

Authorized Distributor
 GE Energy - Jenbacher Gas Engines
 PT. Navigat Energy, Gedung BRI II 8th fl, Suite 810, Jl.Jend.Sudirman Kav.44-46,Tel. +62-21-5724944, Fax. +62-21-5727614, Jakarta, Indonesia
 Navigat Innovative International Pte.Ltd. 9C Circular Road, Lot. Lodi Singapore 040365, Tel. +65 65325022, Fax. +65 65325022
 E-mail: jakarta@navigat.net, website: www.navigat.net

Maintenance kontrak Gas Engine



Gas Engine 2500KVA

**Lampiran 6 : Tabel perhitungan AHP stake holder 2
(Engineer Proyek)**

Tabel 4.20. Normalisasi Matrik Kriteria

Normalisasi Matrik Kriteria	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	Rata2
Initial Cost (c1)	0,04	0,09	0,02	0,02	0,02	0,09	0,03	0,04	0,03	0,04
O & M Cost (c2)	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03
Penghematan Energy (f1)	0,12	0,09	0,05	0,02	0,02	0,09	0,05	0,04	0,03	0,06
Recovery ketika black out(f2)	0,12	0,09	0,15	0,06	0,02	0,09	0,05	0,04	0,03	0,07
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,12	0,09	0,15	0,18	0,07	0,09	0,05	0,04	0,03	0,09
Mudah dalam perawatan (f4)	0,12	0,15	0,15	0,18	0,21	0,28	0,49	0,34	0,26	0,24
Continuitas (f5)	0,21	0,15	0,15	0,18	0,21	0,09	0,16	0,34	0,26	0,19
Mudah didapat (f6)	0,12	0,15	0,15	0,18	0,21	0,09	0,05	0,11	0,26	0,15
Harga yang competitive (f7)	0,12	0,15	0,15	0,18	0,21	0,09	0,05	0,04	0,09	0,12
JUMLAH	1,00									

Tabel 4.22. Matrix alternatif dengan kriteria O & M cost

O & M Cost(c2)				Normalisasi Matrik O & M Cost (c2)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	5,0000	0,7143	0,5556	0,7895	0,6864
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	0,3333	0,1429	0,1111	0,0526	0,1022
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	3,0000	1,0000	0,1429	0,3333	0,1579	0,2114
Jumlah	1,4000	9,0000	6,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.23. Matrix alternatif dengan kriteria penghematan energi

Penghematan Energi (f1)				Normalisasi Matrik f1			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,2000	0,0909	0,1429	0,0323	0,0887
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	5,0000	0,4545	0,7143	0,8065	0,6584
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	0,2000	1,0000	0,4545	0,1429	0,1613	0,2529
Jumlah	11,0000	1,4000	6,2000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.24. Matrix alternatif dengan kriteria recovery ketika blackout

Recovery ketika black out (f2)				Normalisasi Matrik Recovery ketika black out (f2)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,2000	0,0909	0,1304	0,0476	0,0897
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	3,0000	0,4545	0,6522	0,7143	0,6070
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	0,3333	1,0000	0,4545	0,2174	0,2381	0,3033
Jumlah	11,0000	1,5333	4,2000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.25. Matrix alternatif dengan kriteria tahan terhadap gangguan dari luar

Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)				Normalisasi Matrik Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,3333	0,2000	0,1111	0,0769	0,1304	0,1062
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	3,0000	1,0000	0,3333	0,3333	0,2308	0,2174	0,2605
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	3,0000	1,0000	0,5556	0,6923	0,6522	0,6333
Jumlah	9,0000	4,3333	1,5333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.26. Matrix alternatif dengan kriteria mudah dalam perawatan

Mudah dalam perawatan (f4)				Normalisasi Matrik Mudah dalam perawatan (f4)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	3,0000	3,0000	0,6000	0,4286	0,6923	0,5736
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,3333	1,0000	0,3333	0,2000	0,1429	0,0769	0,1399
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,3333	3,0000	1,0000	0,2000	0,4286	0,2308	0,2864
Jumlah	1,6667	7,0000	4,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.27. Matrix alternatif dengan kriteria kontinuitas sumber energi

Continuitas(f5)				Normalisasi Matrik f5			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,3333	0,1111	0,1304	0,0769	0,1062
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	3,0000	0,5556	0,6522	0,6923	0,6333
2 PLN - Gas Engine (a3)	3,0000	0,3333	1,0000	0,3333	0,2174	0,2308	0,2605
Jumlah	9,0000	1,5333	4,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.28. Matrix alternatif dengan kriteri sumber energi yang mudah di dapat

Mudah didapat (f6)				Normalisasi Matrik Mudah didapat (f6)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,3333	5,0000	0,2381	0,2000	0,5556	0,3312
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	3,0000	1,0000	3,0000	0,7143	0,6000	0,3333	0,5492
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	0,3333	1,0000	0,0476	0,2000	0,1111	0,1196
Jumlah	4,2000	1,6667	9,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.29. Matrix alternatif dengan harga sumber energi yang kompetitive

Harga yang competitive (f7)				Normalisasi Matrik Harga yang competitive (f7)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,3333	0,1111	0,1304	0,0769	0,1062
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	3,0000	0,5556	0,6522	0,6923	0,6333
2 PLN - Gas Engine (a3)	3,0000	0,3333	1,0000	0,3333	0,2174	0,2308	0,2605
Jumlah	9,0000	1,5333	4,3333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

**Lampiran 7 : Tabel perhitungan AHP stake holder 3
(Representative Owner)**

Tabel 4.33. Normalisasi Matrik Kriteria

Normalisasi Matrik Kriteria	c1	c2	f1	f2	f3	f4	f5	f6	f7	Rata2
Initial Cost (c1)	0,17	0,15	0,37	0,22	0,16	0,18	0,13	0,15	0,12	0,18
O & M Cost (c2)	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	0,02
Penghematan Energy (f1)	0,06	0,15	0,12	0,37	0,16	0,18	0,22	0,25	0,12	0,18
Recovery ketika black out(f2)	0,06	0,09	0,02	0,07	0,10	0,11	0,13	0,15	0,12	0,09
Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)	0,03	0,09	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,02	0,05	0,03
Mudah dalam perawatan (f4)	0,03	0,09	0,02	0,02	0,10	0,04	0,01	0,02	0,05	0,04
Continuitas (f5)	0,06	0,09	0,02	0,02	0,10	0,11	0,04	0,02	0,05	0,06
Mudah didapat (f6)	0,06	0,09	0,02	0,02	0,10	0,11	0,13	0,05	0,05	0,07
Harga yang competitive (f7)	0,51	0,21	0,37	0,22	0,23	0,25	0,30	0,34	0,37	0,31
JUMLAH	1,00									

Tabel 4.35. Matrix alternatif dengan kriteria O&M cost

O & M Cost (c2)				Normalisasi Matrik O & M Cost (c2)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	5,0000	5,0000	0,7143	0,4545	0,8065	0,6584
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,2000	1,0000	0,2000	0,1429	0,0909	0,0323	0,0887
2 PLN - Gas Engine (a3)	0,2000	5,0000	1,0000	0,1429	0,4545	0,1613	0,2529
Jumlah	1,4000	11,0000	6,2000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.36. Matrix alternatif dengan kriteria penghematan energi

Penghematan Energi (f1)				Normalisasi Matrik Penghematan Energ (f1)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,1429	0,0667	0,0323	0,1064	0,0684
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	7,0000	1,0000	0,2000	0,4667	0,1613	0,1489	0,2590
2 PLN - Gas Engine (a3)	7,0000	5,0000	1,0000	0,4667	0,8065	0,7447	0,6726
Jumlah	15,0000	6.2000	1,3429	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.37. Matrix alternatif dengan kriteria recovery ketika blackout

Recovery ketika black out (f2)				Normalisasi Matrik Recovery ketika black out(f2)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,3333	0,1429	0,0909	0,2000	0,0345	0,1085
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	3,0000	1,0000	3,0000	0,2727	0,6000	0,7241	0,5323
2 PLN - Gas Engine (a3)	7,0000	0,3333	1,0000	0,6364	0,2000	0,2414	0,3592
Jumlah	11,0000	1,6667	4,1429	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.38. Matrix alternatif dengan kriteria tahan terhadap gangguan dari luar

Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)				Normalisasi Matrik Tahan terhadap gangguan dari luar (f3)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,3333	0,2000	0,1111	0,0526	0,1429	0,1022
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	3,0000	1,0000	0,2000	0,3333	0,1579	0,1429	0,2114
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	5,0000	1,0000	0,5556	0,7895	0,7143	0,6864
Jumlah	9,0000	6,3333	1,4000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.39. Matrix alternatif dengan kriteria mudah dalam perawatan

Mudah dalam perawatan (f4)				Normalisasi Matrik Mudah dalam perawatan (f4)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	3,0000	0,2000	0,1579	0,4286	0,1304	0,2390
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	0,3333	1,0000	0,3333	0,0526	0,1429	0,2174	0,1376
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	3,0000	1,0000	0,7895	0,4286	0,6522	0,6234
Jumlah	6,3333	7,0000	1,5333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.40. Matrix alternatif dengan kriteria kontinuitas sumber energi

Continuitas(f5)				Normalisasi Matrik Continuitas (f5)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,2000	0,0909	0,0476	0,1304	0,0897
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	0,3333	0,4545	0,2381	0,2174	0,3033
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	3,0000	1,0000	0,4545	0,7143	0,6522	0,6070
Jumlah	11,0000	4,2000	1,5333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.41. Matrix alternatif dengan kriteri sumber energi yang mudah di dapat

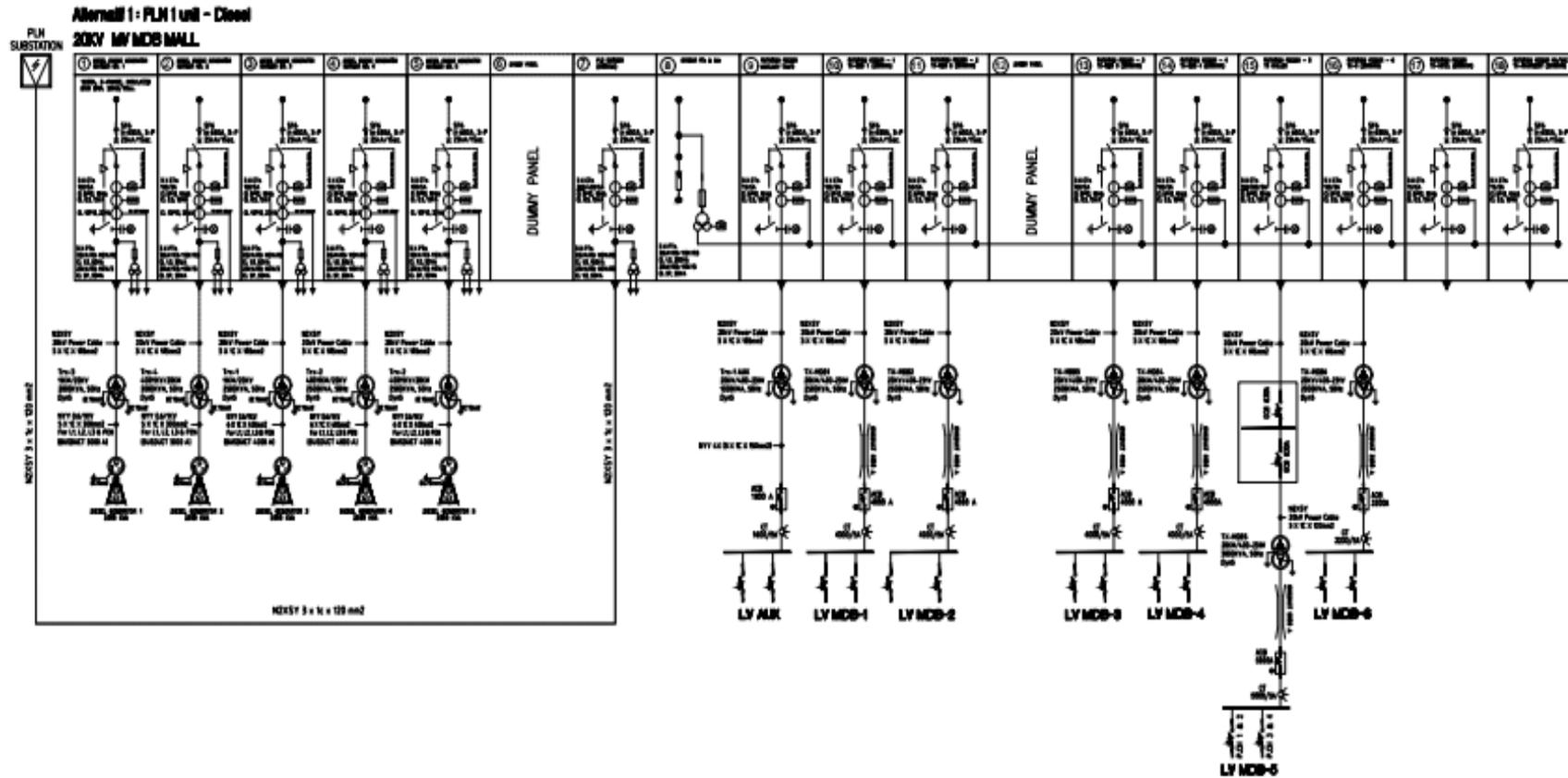
Mudah didapat (f6)				Normalisasi Matrik Mudah didapat(f6)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,3333	0,3333	0,1429	0,0526	0,2174	0,1376
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	3,0000	1,0000	0,2000	0,4286	0,1579	0,1304	0,2390
2 PLN - Gas Engine (a3)	3,0000	5,0000	1,0000	0,4286	0,7895	0,6522	0,6234
Jumlah	7,0000	6,3333	1,5333	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabel 4.42. Matrix alternatif dengan harga sumber energi yang kompetitive

Harga yang competitive (f7)				Normalisasi Matrik Harga yang competitive (f7)			
	a1	a2	a3	a1	a2	a3	Rata2
1 PLN - Diesel Engine (a1)	1,0000	0,2000	0,2000	0,0909	0,0323	0,1429	0,0887
1 PLN - Diesel - Gas Engine (a2)	5,0000	1,0000	0,2000	0,4545	0,1613	0,1429	0,2529
2 PLN - Gas Engine (a3)	5,0000	5,0000	1,0000	0,4545	0,8065	0,7143	0,6584
Jumlah	11,0000	6,2000	1,4000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

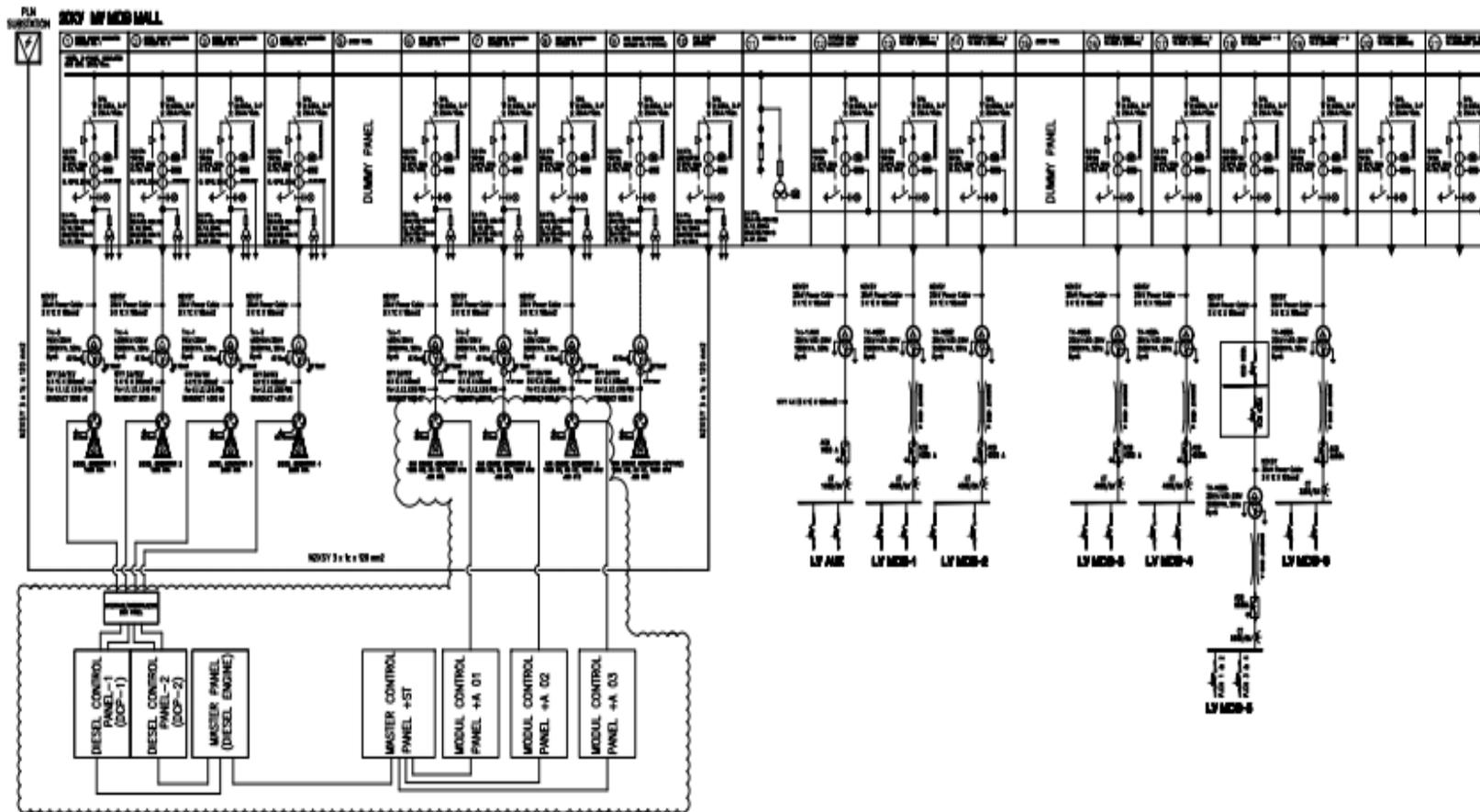
Lampiran 8 : Schematic Diagram Alternatif 1

ALTERNATIF 1:1 PLN - DIESEL ENGINE



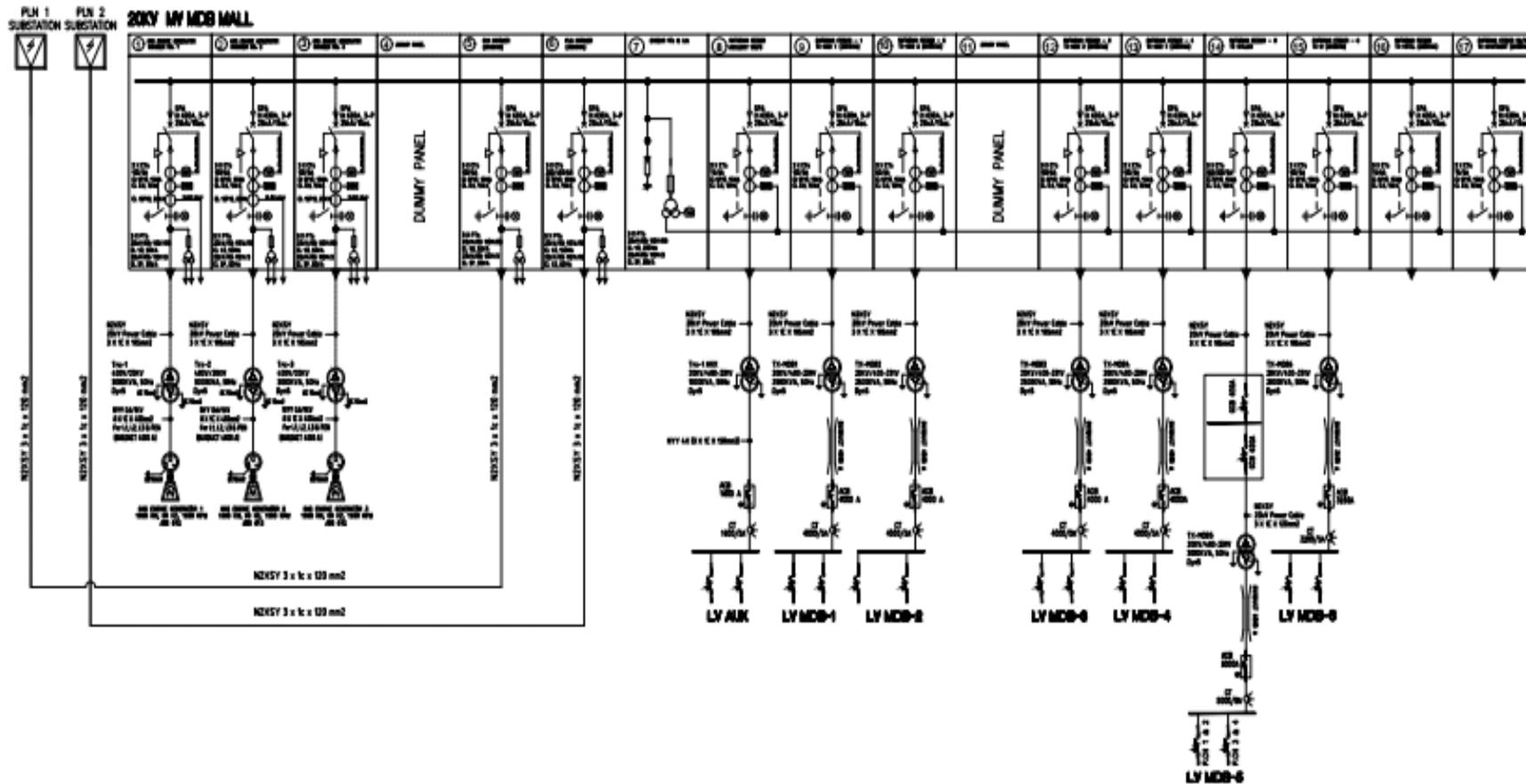
Lampiran 9 : Schematic Diagram Alternatif 2

ALTERNATIF 2 : 1 PLN - DIESEL ENGINE - GAS ENGINE



Lampiran 10 : Schematic Diagram Alternatif 3

ALTERNATIF 3 : 2 PLN - GAS ENGINE



BIODATA PENULIS



Nasychun Amin lahir di Surabaya pada tanggal 10 April 1988, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formalnya di SDN Semolowaru 262 Surabaya, SLTPN 30 Surabaya, dan SMKN 5 Surabaya. Setelah lulus pada tahun 2007, penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 sarjana Teknik Elektro di Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya sambil bekerja di pusat pembelanjaan ITC Surabaya sebagai Engineering building. Penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 pada tahun 2011, kemudian pada tahun yang sama (2011) bergabung dengan perusahaan property Ciputra Group di Ciputra World Surabaya. Pada tahun 2016 penulis memutuskan melanjutkan sekolah Strata 2 di Magister Manajemen Teknologi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (MMT ITS). Penulis mengambil bidang keahlian Manajemen Proyek dengan NRP 9116202319. Pada bulan November 2017, penulis bergabung dengan Pakuwon Group sebagai Engineering Manager dan pada bulan Januari 2018 penulis telah menyusun Tesis yang berjudul “ IMPLEMENTEASI VALUE BASED DECISION PADA PEMILIHAN DESAIN SISTEM KELISTRIKAN DI CIPUTRA WORLD SURABAYA PHASE 3” sebagai syarat akhir kelulusan pendidikan strata 2. Selanjutnya untuk menjalin komunikasi, penulis dapat dihubungi pada alamat email “nazychn.ikun@gmail.com.