



p-ISSN 2085-8507  
e-ISSN 2722-3280

# TECHNOLOGIC

VOLUME 15 NOMOR 2 | DESEMBER 2024

## POLITEKNIK ASTRA

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

[www.polytechnic.astra.ac.id](http://www.polytechnic.astra.ac.id)

Email: [editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id](mailto:editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id)

## **DEWAN REDAKSI**

### **Technologic**

#### **Ketua Editor:**

Dr. Ir. Setia Abikusna, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. (Politeknik Astra)

#### **Dewan Editor:**

Lin Prasetyani, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Rida Indah Fariani, S.Si., M.T.I (Politeknik Astra)

Dr. Yohanes Tri Joko Wibowo, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng (Politeknik Negeri Sriwijaya)

#### **Mitra Bestari:**

Abdi Suryadinata Telaga, Ph.D. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Agung Premono, S.T., M.T. (Universitas Negeri Jakarta)

Harki Apri Yanto, Ph.D. (Politeknik Astra)

Dr. Ir. Lukas, MAI, CISA, IPM (Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya)

Prof. Dr. Ir. Muhammad Mukhlisin MT., IPM. (Politeknik Negeri Semarang)

Dr. Ir. Sirajuddin, ST., MT., IPU (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Dr. Eng. Syahril Ardi, S.T., M.T. (Politeknik Astra)

Dr. Eng. Tresna Dewi, S.T., M.Eng. (Politeknik Negeri Sriwijaya)

#### **Asisten Editor:**

Asri Aisyah, A.md. (Politeknik Astra)

Kristina Hutajulu, S.Kom., M.Kom. (Politeknik Astra)

#### **Kantor Editor:**

Politeknik Astra

Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II Jakarta Utara 14330

Telp. 021 651 9555, Fax. 021 651 9821

[www.polytechnic.astra.ac.id](http://www.polytechnic.astra.ac.id)

Email: [editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id](mailto:editor.technologic@polytechnic.astra.ac.id)

## **EDITORIAL**

Pembaca yang budiman,

Puji syukur kita dapat berjumpa kembali dengan Technologic Volume 15 No. 2, Edisi Desember 2024.

Pembaca, Jurnal Technologic Edisi Desember 2024 kali ini berisi 10 manuskrip.

Atas nama Redaksi dan Editor, kami do'akan semoga dalam keadaan sehat selalu, dan semoga di tahun 2025 semakin sukses dan berjaya, tak lupa kami haturkan terima kasih atas kepercayaan para peneliti dan pembaca, serta selamat menikmati dan mengambil manfaat dari terbitan Jurnal Technologic kali ini.

Perlu kami sampaikan bahwa saat ini Jurnal Technologic masih dalam proses akreditasi jurnal, mohon dukungan dari para peneliti dan pembaca agar proses tersebut lancar dan mendapat hasil yang maksimal.

Selamat membaca!

**DAFTAR ISI**

<b>INTEGRASI <i>BUILDING INFORMATION MODELING</i> (BIM) DAN <i>AUGMENTED REALITY</i> (AR) PADA <i>WAYFINDING SYSTEM</i> DI KAMPUS POLITEKNIK ASTRA (STUDI KASUS: AREA UPT. SIPIL)</b>	<b>1</b>
Andrias Rianu Saputro dan Dica Rosmyanto	
<b>MENINGKATKAN EFEKTIVITAS PROSES <i>BLEEDING</i> SISTEM REM DENGAN SST <i>BRAKE BLEEDER</i> DI PT XYZ</b>	<b>8</b>
M Asyraf Fala, Wanda, Rusdi Febriyanto, Yohanes Agung Purwoko, dan Elroy FKP Tarigan	
<b>PERANCANGAN SISTEM OTOMASI MESIN PEMBUAT WADAH MAKAN RAMAH LINGKUNGAN DARI PELEPAH PINANG BERBASIS PLC</b>	<b>15</b>
Lin Prasetyani , Khairunnisa Cahya, Muhammad Iqbal , Naila Zalfa, dan Pengki Mulyanto	
<b>OPTIMASI PENGGUNAAN LAMPU PADA AREA PAINTING DI PT X DITINJAU DARI ENERGI DAN EMISI DENGAN MENGGUNAKAN BIM</b>	<b>23</b>
Mohamad Heri Sukantara, Herdimas, dan Putri Sheila Wulandari	
<b>PENINJAUAN KEMBALI GEDUNG PRODUKSI PT.X MENURUT SNI 1726:2012 DAN PEMBARUAN SNI 1726:2019 MENGGUNAKAN SOFTWARE ETABS</b>	<b>30</b>
Henkhi Krismayanto , dan Bimo Satria Wibowo	
<b>RANCANG BANGUN APLIKASI SURVEI KEPUASAN PELANGGAN BERBASIS WEB UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN: STUDI KASUS DI PT XYZ</b>	<b>37</b>
Rinald Pintara Paningku, Arie Kusumawati, Raden Rara Kartika Kusuma Winahyu	
<b>EFISIENSI PENGAMBILAN DATA PENJUALAN PRODUK PADA SAP HYBRIS MELALUI IMPLEMENTASI <i>ROBOTIC PROCESS AUTOMATION</i> (RPA) DI PT PQRS</b>	<b>46</b>
Sasmito Budi Utomo, Alifya Nika Gusma, dan Muhammad Tessar Radiputro	
<b>PERANCANGAN STRUKTUR PANEL SURYA DENGAN SISTEM PERGERAKAN SEMI OTOMATIS UNTUK PRODUK <i>TOWER LAMP LS4-2000</i></b>	<b>55</b>
Pramana Sidik , Heri Sudarmaji	
<b>PENENTUAN SKALA PRIORITAS PERBAIKAN JALAN DENGAN METODE <i>ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS</i> PADA PERKEBUNAN SAWIT</b>	<b>65</b>
K. Setiawati, Andry Wisnu Prabowo, Inggar Wahyu	
<b>ANALISIS FAKTOR KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE REGRESI LINIER BERGANDA PADA AKSES JALAN PERKEBUNAN SAWIT</b>	<b>71</b>
K. Setiawati, M. D. Ayandi	

## PERANCANGAN STRUKTUR PANEL SURYA DENGAN SISTEM PERGERAKAN SEMI OTOMATIS UNTUK PRODUK *TOWER LAMP LS4-2000*

Pramana Sidik<sup>1</sup>, Heri Sudarmaji<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Produksi dan Proses Manufaktur, Politeknik Astra, Jakarta, Indonesia

E-mail : heri.sudarmaji@polytechnic.astra.ac.id\*

*Abstract-- Poor air quality is one of the factors that can endanger human health. Poor air quality is caused by the high percentage of CO<sub>2</sub> in the air resulting from the use of fuel oil. Through government regulations, namely PP 79 of 2014 concerning energy use policies, all companies are asked to accelerate in reducing CO<sub>2</sub> levels using renewable energy principles. PT United Tractors Pandu Engineering is a company that quickly responded to this principle by applying it to their products, one of which is the Tower Lamp. The LS4-2000 tower lamp currently still uses a hybrid system. This system uses 6.52 liters of solar power and produces 16.38 kg of CO<sub>2</sub> per day. Therefore, this study aims to develop a hybrid tower lamp product into a full battery. The research method uses a dieter which contains tools such as TRIZ, Morphological Charts, Decision Matrix, and Finite Element Analysis. The results of the study are detailed drawings of the solar panel retaining structure. In addition, this study also produces standard component specifications such as drawer sliders, bearings, bolts, and power packs. The design was made using solidworks software and has been tested for strength in holding the load of solar panels with the help of simulation features in autodesk inventor software. Thus, the product made is able to support government programs because there is no emission gas produced (100% reduction from 16.38 kg CO<sub>2</sub> per day for 1 product).*

*Keywords: Hydraulic, Tower Lamp, TRIZ*

*Abstrak-- Kualitas udara yang buruk menjadi salah satu faktor yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Buruknya kualitas udara disebabkan tingginya persentase CO<sub>2</sub> di udara hasil dari pemakaian bahan bakar minyak. Melalui peraturan pemerintah yaitu PP 79 tahun 2014 mengenai kebijakan pemakaian energi meminta semua perusahaan melakukan percepatan dalam menurunkan kadar CO<sub>2</sub> menggunakan prinsip *renewable energy*. PT United Tractors Pandu Engineering merupakan perusahaan yang cepat merespon prinsip tersebut dengan cara pengaplikasiannya pada produk mereka salah satunya yaitu *tower lamp*. *Tower lamp LS4-2000* saat ini masih menggunakan sistem *hybrid*. Sistem ini menggunakan 6,52 liter solar dan menghasilkan CO<sub>2</sub> sebesar 16,38 kg tiap harinya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan produk *tower lamp hybrid* menjadi *full battery*. Metode penelitian menggunakan dieter yang didalamnya terdapat *tools* seperti TRIZ, *Morphological Charts*, *Decision Matrix*, dan *Finite Element Analysis*. Hasil penelitian berupa *detail drawing* dari struktur penahan panel surya. Selain itu, penelitian ini juga menghasilkan spesifikasi komponen standar seperti *drawer slider*, *bearing*, baut, dan *power pack*. Desain dibuat menggunakan *software solidworks* dan telah teruji kekuatannya dalam menahan beban panel surya dengan bantuan fitur *simulation* pada *software autodesk inventor*. Dengan demikian, produk yang dibuat mampu mendukung program pemerintah karena tidak adanya gas emisi yang dihasilkan (penurunan 100% dari 16,38 kg CO<sub>2</sub> per hari untuk 1 produk).*

*Kata Kunci: Hidrolik, Lampu Menara, TRIZ*

### I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim (*climate change*) merupakan istilah yang sering digunakan untuk menggambarkan perubahan signifikan suhu rata-rata global. Faktor utama yang menyebabkan perubahan iklim menurut [1] yaitu peningkatan gas rumah kaca di atmosfer misalnya gas buang CO<sub>2</sub>. Gas ini dapat berasal dari sisa pembakaran hasil kinerja suatu mesin. Apabila hal ini dibiarkan, maka akan terjadi peningkatan gas secara terus-menerus sehingga dapat menyebabkan

kualitas udara semakin buruk dan berpengaruh terhadap kesehatan manusia bahkan sampai risiko kematian [2]. Oleh karenanya diperlukan pengurangan emisi CO<sub>2</sub> salah satunya dengan cara menerapkan energi keberlanjutan. Cara tersebut juga didukung untuk dipercepat oleh pemerintah melalui PP 79 tahun 2014.

Penerapan kebijakan percepatan penggunaan energi keberlanjutan membuat berbagai perusahaan mulai mengembangkan produk barunya seperti halnya

produk *tower lamp* yang dibuat oleh PT United Tractors Pandu Engineering (PT UTPE). PT UTPE merupakan anak dari perusahaan PT United Tractors Tbk yang bergerak pada industri rekayasa manufaktur komponen dan pelengkap alat berat serta memiliki anak perusahaan yang berkaitan dengan transportasi batu bara melalui laut maupun sungai. Salah satu produk pelengkap alat berat yang sedang dikembangkan pada tahun 2024 adalah *tower lamp full battery*. Produk ini berfungsi sebagai alat penerangan di area pertambangan. Menurut hasil penelitian dari [3], penggunaan panel surya secara total biaya/ *cost* masih dibawah pemakaian bahan bakar fosil. Oleh karena itu, terdapat potensi bisnis untuk menguasai pasar alat penerangan di tambang dengan menerapkan prinsip energi keberlanjutan.

Pengembangan *tower lamp full battery* merupakan produk versi ketiga setelah adanya 2 produk sebelumnya yaitu tipe *full diesel* dan *hybrid*. Kedua tipe sebelumnya tidak mendukung kebijakan saat ini karena masih menggunakan bahan bakar fosil dan menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Sebagai contoh, tipe *hybrid* menghasilkan CO<sub>2</sub> sebesar 16,38 kg tiap harinya dengan konsumsi bahan bakar 6,52 L. Hadirnya tipe *hybrid* telah berhasil mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan menurunkan emisi CO<sub>2</sub> dengan cara mengubah sumber energi menggunakan 6 buah panel surya 540 WP. Sayangnya, produk *hybrid* dalam operasionalnya selama 12 jam masih memiliki ketergantungan dengan pemakaian genset sebagai sumber energi. Selain itu, *tower lamp hybrid* memiliki berbagai kendala lain diantaranya pemakaian engsel yang dapat membuat pengguna terjepit dan proses dorong yang masih manual sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut.

Topik penelitian mengenai perancangan struktur yang dapat memuat lebih dari 6 panel surya dengan sistem pergerakan semi otomatis dibutuhkan untuk meningkatkan keamanan, mempermudah proses operasional produk, dan menghilangkan ketergantungan *tower lamp* terhadap bahan bakar fosil. Hal ini bertujuan mendukung percepatan penggunaan energi keberlanjutan dan meningkatkan kualitas produk. Dengan demikian, produk *tower lamp* kedepannya diharapkan dapat menerangi area tambang tanpa memperburuk kualitas udara di sekitarnya.

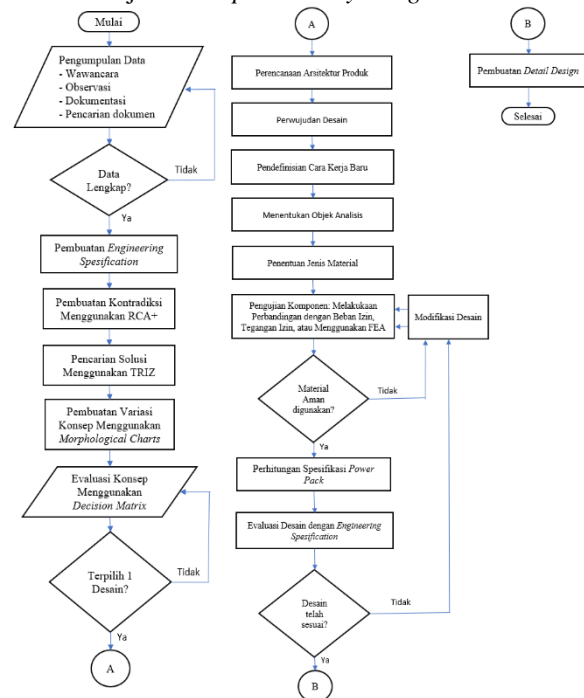
**II. METODOLOGI PENELITIAN**

Kerangka berpikir penelitian (gambar 1) menggunakan metode dieter (metode perancangan yang membantu berpikir sistematis dalam membuat desain untuk menyelesaikan masalah). Secara garis

besar, metode ini terdiri dari 3 tahap: *conceptual design*, *embodiment design*, dan *detail design* [4].

**1. Conceptual Design**

Tahap *conceptual design* dibedakan menjadi 3 fase: pendefinisian masalah, pembuatan variasi konsep, dan pemilihan desain. Pertama, masalah didefinisikan menjadi tabel *user requirement*. Kedua, pengubahan *user requirement* menjadi *engineering specification* dan dilanjutkan pencarian solusi misalnya dengan *creative thinking* untuk membuat *alternative solution*. Ketiga, *alternative solution* yang dibuat kemudian dipilih menjadi 1 desain terbaik untuk dilanjutkan ke *preliminary design*.



Gambar 1. Kerangka Berpikir

Prinsip 40 inventif TRIZ merupakan salah satu metode *creative thinking*. Metode ini mempertemukan antara *future to improve* dan *future to preserve* dalam sebuah tabel. Hasil pertemuan tersebut menghasilkan rekomendasi prinsip yang bisa diterapkan. Alat yang dapat mempermudah mendefinisikan dua jenis fitur yaitu *Root Conflict Analysis (RCA+)* [5], sedangkan alat untuk memilih desain terbaik dapat menggunakan *decision matrix*.

**2. Embodiment Design**

Tahap *embodiment design* terdiri dari 3 tahap: arsitektur produk, konfigurasi design, dan desain parametrik. Pertama, konsep yang dipilih dalam bentuk sketsa diubah menjadi bentuk 3D dan dirakit sehingga menjadi 3D *assembly*). Kedua, pendefinisian

material yang akan digunakan dengan memperhatikan 4 aspek (fungsi, bentuk, proses, sifat) [6]. Ketiga, pengujian desain yang telah dibuat dan mengevaluasinya. Penerapan *rule of thumb* 3G;0,8G;0,6G (pengali gaya ke arah bawah, depan, dan samping) dilakukan untuk meningkatkan keamanan dan keyakinan terhadap desain yang telah dibuat.

Menurut [7], gaya-gaya yang bekerja dengan besar dan arah yang telah diketahui dapat disusun dan membentuk poligon yang tertutup dimana keseluruhan gaya tersebut membentuk sistem yang setimbang ( $\sum F = 0$ ). Hal ini mempermudah pencarian nilai gaya ketika pembuatan *free body diagram*.

Salah satu metode pengujian desain adalah *finite element analysis* (FEA). Menurut [8], FEA atau analisis elemen hingga adalah sebuah teknik untuk mendapatkan solusi mekanika dari suatu masalah yang kompleks dengan cara membagi domain masalah menjadi kumpulan domain (elemen) yang jauh lebih kecil dan sederhana dengan jumlah tertentu dan berhingga. Objek yang dianalisis biasanya merupakan objek penting yang menopang keseluruhan beban dari suatu produk. Software yang biasa digunakan dalam analisis FEA yaitu inventor.

**3. Detail Design**

Tahap terakhir yaitu *detail design* (pembuatan *detail drawing*). Tahap ini merupakan perubahan desain 3D menjadi 2D *drawing* yang mana harus memperhatikan anatomi dari suatu produk karena menentukan proses fabrikasi.

**III.HASIL PENELITIAN**

**1. Pengumpulan Data – Hasil Wawancara User**

Pengambilan data dilakukan dengan melakukan wawancara kepada *user* mengenai kebutuhan modifikasi produk *tower lamp*. Tabel 1 menunjukkan hasil wawancara dan pengelompokan masalah ke dalam 4 masalah utama.

Tabel 1. *User Requirement*

No	<i>Voice of Customer</i>	Masalah Utama
1	Produk <i>hybrid</i> bergantung dengan genset	<i>Tower lamp</i> memiliki ketergantungan dengan genset
2	Daya listrik kurang bila genset ditiadakan	
3	Penggunaan <i>common used materials and easy fabricated</i>	Panel surya rak dua melengkung atau tidak lurus 180 derajat
4	Struktur penahan rak dua panel surya melengkung	

No	<i>Voice of Customer</i>	Masalah Utama
5	Pemakaian engsel memungkinkan pengguna terjepit	Desain <i>tower lamp hybrid</i> masih kurang aman
6	Berat ketika <i>retract</i> panel surya maju-mundur	Berat ketika mendorong solar panel dari kondisi <i>unfold</i> menjadi <i>fold</i> .
7	Modular panel surya ke arah bawah manual	
8	Dimensi tinggi produk <i>hybrid</i> sudah sesuai	

**2. Pengumpulan Data - Existing Product**



Gambar 2. Komponen pada *Existing Product*

Observasi dilakukan untuk mengetahui bagian-bagian dan komponen yang digunakan dalam *tower lamp hybrid*. Hal yang berhubungan dengan pengembangan yang akan dilakukan yakni sebagai berikut.

- Lampu 500 Watt 4 buah dengan target menyala 12 jam
- Panel surya 540 WP 6 buah dengan efisiensi penangkapan cahaya tergantung lokasi. Misalnya, pencahayaan efektif di Kalimantan Timur yaitu 5 jam [9].
- Modul 15 kWh kapasitas 100Ah 3 buah.
- Genset 250 L *fuel capacity* (bahan bakar 6,52 liter/hari dengan total emisi 16,38 kg).
- Drawer slides load rating* 115 kg.

**3. Conceptual Design – Engineering Spesification**

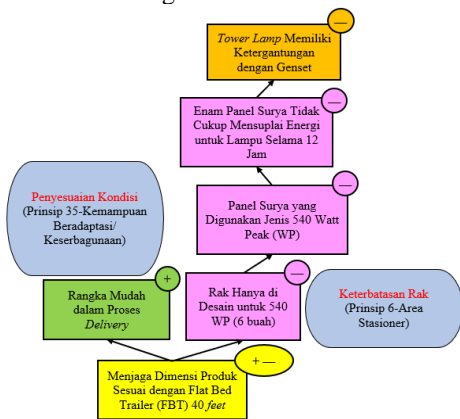
Data dari *user requirement* diubah menjadi data berbentuk kuantitatif, memuat solusi umum, dan spesifik (tidak ambigu) seperti yang ada pada tabel 2.

Tabel 2. *Engineering Spesification*

<i>Engineering Spesification</i>	Keterangan
Tidak adanya pemakaian genset selama 12 jam	
Solusi dapat menghasilkan daya listrik > 20kW	
Pemakaian material dengan <i>yield strength</i> antara 250 MPa sampai 350 MPa	
Maksimal proses <i>bending</i> < 3, komponen dengan fungsi sama dapat diterapkan pada 2 bagian	
Pengujian kekuatan dengan hasil <i>factor of safety</i> >1	

Engineering Specification	Keterangan
Meniadakan engsel (=0) atau memakai engsel (>0), tetapi <i>flipping</i> tidak manual	
Memakai komponen dengan koefisien gesek statis lebih dari koefisien gesek teflon (< 0,2)	
Sistem mampu menarik beban > 1.800 kg (FoS 6 x dari 300kg)	
Tinggi maksimal permukaan atas skid ke kunci <i>drawer slides</i> rak satu (1.600 mm)	

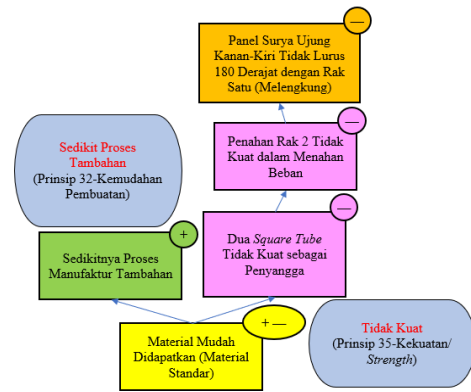
4. *Conceptual Design – Root Conflict Analysis*  
Pembuatan RCA+ dilakukan pada 4 masalah utama dalam bentuk bagan.



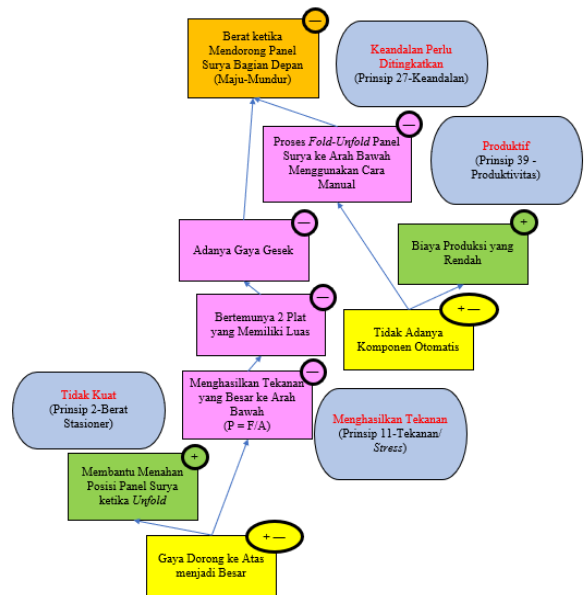
Gambar 3. RCA+ (1)



Gambar 4. RCA+ (2)



Gambar 5. RCA+ (3)



Gambar 6. RCA+ (4)

Tabel 3. TRIZ Matrix Contradiction

Weight of Stationary object	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Weight of moving object	-	-	8 15 29 34	35 28 40 29	2 17 29 4	-	30 2 14 18	2 26 29 40	35 10 19 14	8 28 13 38	8 1 18 13 37 18	10 36 13 29 37 40
Parameters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
39 Technical	Weight of moving object	Weight of stationary object	Length of moving object	Length of stationary object	Area of moving object	Area of stationary object	Volume of moving object	Volume of stationary object	Speed	Force (intensity)	Stress or pressure	

Sumber: [10]





















Sebagai contoh, gambar 6 terdapat kontradiksi *fiture to improve* yaitu prinsip 11 dan *fiture to preserve* yaitu fitur 2. Kontradiksi keduanya pada tabel 3 menghasilkan prinsip 10 (tindakan awal), 13

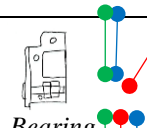
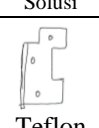
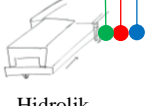



(sebaliknya), 18 (getaran mekanis), dan 29 (pneumatik dan hidrolik). Dengan memahami definisi dari prinsip tersebut, maka dapat menentukan fitur desain yang

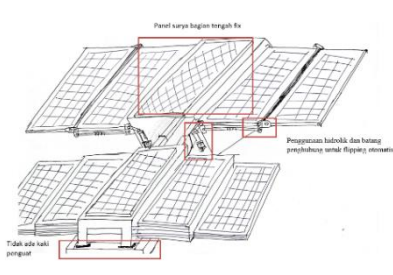
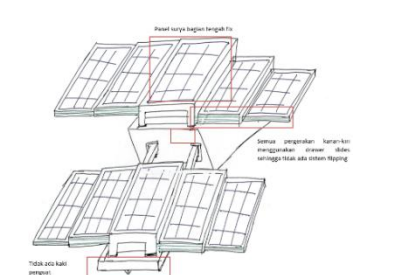
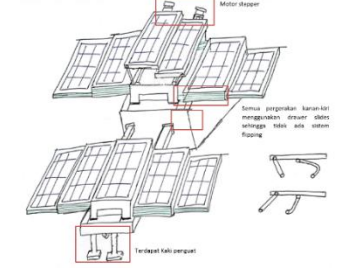
menjawab masalah sehingga *brainstorming* sketsa solusi lebih terarah.

Tabel 4. *Morphological Charts*

Masalah	Prinsip Hasil RCA+	Fitur Desain	Solusi		
<i>Tower Lamp</i> memiliki ketergantungan dengan genset	Prinsip 16-Tindakan sebagian atau berlebihan  Jika 100% dari suatu tujuan sulit dicapai menggunakan metode solusi tertentu, maka menggunakan metode yang sama "sedikit lebih sedikit" atau "lebih sedikit", maka permasalahannya jauh lebih mudah untuk diselesaikan.	Sistem energi pengganti (jumlah panel surya, jumlah modul, pemakai-an genset)	 10 panel surya, 2 modul, tidak ada genset	 11 panel surya, 2 modul, tidak ada genset	 12 panel surya, 2 modul, tidak ada genset
	Prinsip 15-Dinamika Membagi suatu benda menjadi beberapa bagian yang mampu bergerak relatif satu sama lain  Jika suatu objek (atau proses) kaku atau tidak fleksibel, buatlah objek tersebut dapat bergerak atau adaptif	Sistem panel surya ke depan	 <i>Studing</i> dengan square tube dan penyangga	 <i>Sliding tube</i> <i>square</i>	 <i>Sliding</i> dengan UNP dan penyangga
	Sistem panel surya tengah	Modular dengan motor listrik	 Tetap diam dengan 1 panel surya	 Tetap diam dengan 2 panel surya	 Tetap diam dengan 2 panel surya
Desain <i>tower lamp hybrid</i> masih kurang aman	Prinsip 1-Segmentasi  Membuat suatu benda mudah dibongkar	Jenis pergeseran panel surya ke kanan-kiri (rak atas)	 Pergeseran kiri-kanan	 Memutar 90 derajat rak satu dan dua	-
	Jenis pergeseran panel surya ke kanan-kiri (rak bawah)	 Pergeseran kiri-kanan	 Memutar 90 derajat rak satu dan dua	-	
	Prinsip 22- Berkah terselubung atau mengubah lemon menjadi limun  Perkuat faktor berbahaya sedemikian rupa sehingga tidak berbahaya lagi.	Sistem flipping	 Hidrolik dan sistem mekanik	 Motor listrik dan sistem mekanik	Tidak ada sistem <i>flipping</i>
Panel Surya Ujung Kanan-Kiri Tidak Lurus 180 Derajat dengan Rak Satu (Melengkung)	Prinsip 13-Sebaliknya Balikkan tindakan yang digunakan untuk menyelesaikan masalah (misalnya, alih-alih mendinginkan suatu benda, panaskan benda tersebut). Jadikan bagian yang bergerak (atau lingkungan luar) tetap, dan bagian tetap dapat digerakkan.	Jenis penopang rak dua	 <i>Drawer slides</i>	 Engsel	 Batang penghubung
		Sistem rak satu	 penambahan rangka plat geser kanan-kiri	 Engsel dan silinder penghubung	-

Masalah	Prinsip Hasil RCA+	Fitur Desain	Solusi		
Berat ketika mendorong panel surya bagian depan (maju-mundur)	Prinsip 10-Tindakan Awal Lakukan sebelum diperlukan, perubahan yang diperlukan pada suatu objek (baik seluruhnya atau sebagian)	Tambahan komponen	 <b>Bearing</b>	 <b>Teflon</b>	-
	Prinsip 29-Pneumatik dan Hidrolik Gunakan bagian benda yang berbentuk gas dan cair, bukan bagian padat (misalnya dapat ditiup, berisi cairan, bantalan udara, hidrostatik, hidroeaktif)	Sistem otomatis rak bawah	 <b>Hidrolik</b>	 <b>Gear dan motor listrik</b>	-

Tabel 5. Variasi dan Pemilihan Konsep

		
<b>Variasi Konsep 1 (merah)</b> 10 SP = 27 kWh Nyala lampu >12 jam  Komponen: 5 hidrolik 6 carton <i>drawer slides</i>	<b>Variasi Konsep 2 (Biru)</b> 10 SP = 27 kWh Nyala lampu >12 jam  Komponen: 1 hidrolik 12 carton <i>drawer slides</i>	<b>Variasi Konsep 3 (Hijau)</b> 11 SP = 29,7 kWh Nyala lampu >12 jam  Komponen: 1 hidrolik 2 motor listrik 12 carton <i>drawer slides</i>

Pembuatan RCA+ menghasilkan kontradiksi yang kemudian di-input ke dalam TRIZ matrix contradiction seperti tabel 3. Hasil dari matriks berupa prinsip penyelesaian masalah. Prinsip tersebut didefinisikan untuk menentukan fitur desain yang berhubungan sehingga memudahkan dalam brainstorming pembuatan sketsa solusi.

Penggunaan morphological charts ditunjukkan tabel 4 dengan penjelasan lengkap pada menghasilkan tabel 5 yang merupakan tiga varian konsep penggabungan dari masing-masing sketsa.

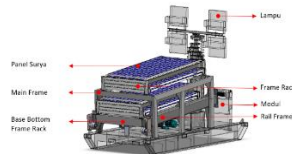
Pemilihan variasi konsep menggunakan matriks keputusan yang ditunjukkan oleh tabel 6. Hal pertama yang dilakukan adalah menentukan kriteria evaluasi berdasarkan tujuan pembuatan desain dan bobot urgensinya. Setelah itu, masing-masing varian diberikan skor berdasarkan tabel penilaian 0-11 yang terdapat pada buku dieter. Perhitungan utilitas dilakukan dengan mengalikan bobot dengan skor masing-masing objektif. Dengan cara tersebut, maka didapatkan total utilitas terbesar diperoleh oleh varian konsep 2 dengan total nilai 6,8.

Tabel 6. Matriks Keputusan

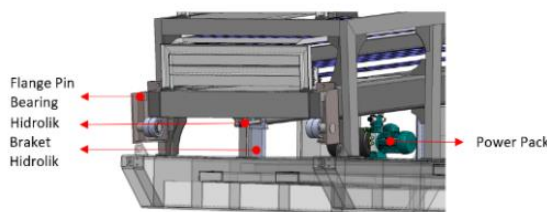
Matriks Keputusan							
Kriteria Evaluasi		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
Objektif	Bobot	Skor	Utilitas	Skor	Utilitas	Skor	Utilitas
Tidak Tergantung Cuaca	0,20	7	1,40	7	1,40	8	1,60
Sedikit Proses Manufaktur	0,15	3	0,45	7	1,05	3	0,45
Biaya Produksi Rendah	0,15	2	0,30	7	1,05	5	0,75
Sedikit Perawatan	0,10	4	0,40	6	0,60	5	0,50
Aman Digunakan	0,15	6	0,90	7	1,05	7	1,05
Mudah Digunakan	0,15	8	1,20	6	0,90	6	0,90
Dimensi Produk	0,05	5	0,25	8	0,40	5	0,25

Visual Produk	0,05	4	0,20	7	0,35	4	0,20
Total	1		5,1		6,8		5,7
Peringkat			3		1		2

5. *Embodiment Design* – Arsitektur dan Konfigurasi Sketsa variasi konsep 2 diubah menjadi 3D dengan menggunakan *software solidworks*.



Gambar 7. Bagian *Tower Lamp Full Battery* (a)



Gambar 8. Bagian *Tower Lamp Full Battery* (b)

Tabel 7. Pemilihan Material

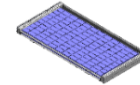
	Plat	Silinder	Baja Profil
Fungsi	Tahan beban & tegangan	Menahan <i>bending</i>	Memperkuat struktur
Bentuk	Menyesuaikan kebutuhan	Silinder	Menyesuaikan kebutuhan
Proses	Kuat, ulet, mampu las & bending	Mampu <i>cutting</i> , <i>machining</i> , & las	Mampu <i>cutting</i> dan las
Sifat	Material <i>yield strength</i> 250-350 MPa	Karbon dibawah 30% /pemanasan mula	Komposisi karbon rendah dibawah 30%
Kesimpulan	Material grade 250 atau 350	Material <i>steel</i> AISI 1020	Baja Profil Grade 250

Prinsip kerja pada gambar 7 dan 8 yaitu semi otomatis. Panel surya ke depan menggunakan hidrolik, sedangkan ke samping ditarik manual. Pada tabel 4, pemilihan material didasarkan pada fungsi, bentuk, proses, dan sifat sehingga menghasilkan kesimpulan akhir untuk plat, silinder, dan baja profil (tabel 7).

6. *Embodiment Design* – *Pengujian*

Pengujian dilakukan pada komponen kritis yaitu rak penahan panel surya, base frame down rack, flange pin bearing, dan perhitungan power pack. Terdapat 2 metode pengujian: membandingkan beban dengan load rating standard parts atau menggunakan Finite Element Analysis (FEA).

1) Pengujian Rak Satu

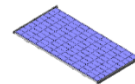


Gambar 9. Visualisasi Beban Rak Satu

Beban 295 kg dapat menggunakan 2 carton *drawer slides load rating* 227 kg dengan *factor of safety* sebagai berikut.

$$\text{Nilai Factor of Safety} = \frac{227 \times 2 \text{ kg}}{295,68 \text{ kg}} = 1,5$$

2) Pengujian Rak Dua



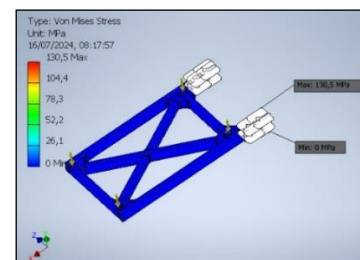
Gambar 10. Visualisasi Beban Rak Dua

Beban 132,6 kg dapat menggunakan 1 carton *drawer slides load rating* 227 kg dengan *factor of safety* sebagai berikut.

$$\text{Nilai Factor of Safety} = \frac{227,28 \text{ kg}}{132,6 \text{ kg}} = 1,7$$

3) Pengujian *Base Frame Down Rack*

Pengujian dilakukan dengan metode FEA pada *software inventor*. Desain terlebih dahulu diberikan las sehingga hasil lebih aktual. Parameter *input* yaitu *fix* pada bagian kotak putih dan *input load* sebesar 6.112 N. Gambar 11 menunjukkan nilai *von misses* maksimum 130,5 MPa, sedangkan *tensile* las ER70 yaitu 483 MPa. Oleh karena itu, nilai *factor of safety* (FoS) yaitu 3,7 (sudah melebihi syarat FoS beban dinamis menurut [11] yakni 2).

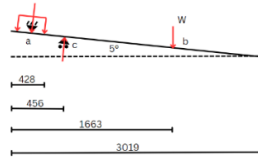


Gambar 11. Hasil FEA *Base Frame Down Rack*

4) Perhitungan Beban *Bearing*

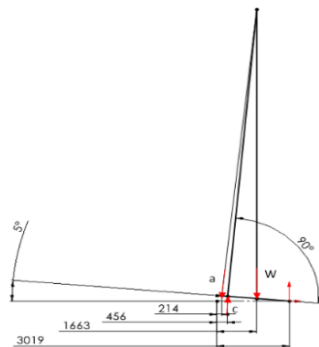
Adanya *bearing* pada titik c di gambar 12 membuat adanya proses penentuan

spesifikasi bearing. Pertama, penentuan jarak *center of gravity* (W) sejauh 1.663 mm menggunakan bantuan fitur *center of gravity* pada *software* solidworks. Titik a menunjukkan beban merata yang menggambarkan kondisi sebagian *rectangle tube* menahan beban momen yang terjadi pada sistem. Kedua, penentuan semua arah, besar sudut, dan nilai besaran W.

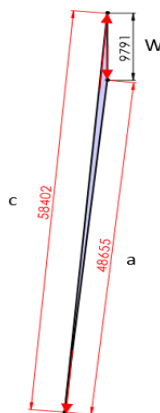


Gambar 12. Free Body Diagram Rak Bawah Kondisi Extend

Ketiga, mempertemukan ketiga garis di satu titik dengan bantuan *software* 2D (gambar 13). Gambar 14 menunjukkan hasil dengan total reaksi *bearing* 58.402 N (atau 29.201 N pada masing-masing *flange*) dan reaksi di a yaitu 48.655 N.



Gambar 131. Batang Tiga Gaya



Gambar 14. Reaksi Gaya

5) Pengujian *Flange Pin Bearing*

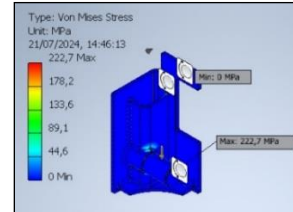
Pertama, pembuatan asumsi diameter lubang untuk baut dan bearing yang akan digunakan. Asumsi lubang dilakukan dengan

rumus, sedangkan bearing dengan trial error penyesuaian antara spesifikasi yang tersedia dipasar dengan *constrain* pemasangan.

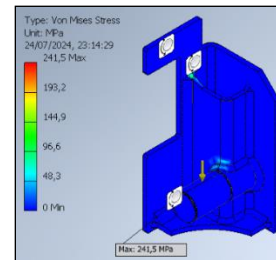
$$\sigma = \frac{F}{3A}$$

$$D = 8 \text{ mm}$$

Diameter 8 digunakan dalam FEA dengan bearing yang digunakan adalah NU 2314 ECP merek SKF dengan pertimbangan kesesuaian dimensi ketika dipasangkan pada sistem dan *load rating* yang mampu diterima *bearing*.



Gambar 15. Hasil FEA Left Flange



Gambar 16. Hasil FEA Right Flange

Hasil FEA gambar 15 dan 16 menunjukkan nilai *factor of safety* masing-masing yaitu 2,1 dan 2. Sementara lubang baut lebih sesuai apabila menggunakan diameter 20 mm. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa desain aman karena melebihi syarat beban dinamis.

6) Pengujian Kekuatan Baut

Diketahui *yield of bolt in class* 4.6 = 240 MPa

$$\sigma = \frac{F}{3A} = 16,12 \text{ MPa}$$

$\sigma_{baut} < \sigma_{izin}$ , sehingga disimpulkan

16,12 MPa < 240 MPa (Aman digunakan)

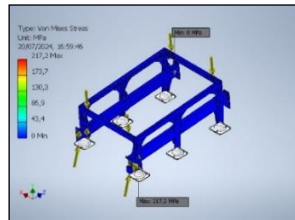
7) Pengujian *Main Frame*

Gambar 17 menunjukkan kondisi *main frame* ketika *extend*. Hal ini kritis karena *main frame* mengalami beban momen. FEA dilakukan dengan *constrain fix* pada bagian bawah dan *input* beban beban rangka panel surya atas, reaksi gaya pada titik a, dan reaksi baut. Hasil FEA pada gambar 16

menunjukkan nilai *factor of safety* yaitu 2,2 sehingga dikategorikan aman (*maximum von mises* 217 MPa, *tensile* las 483 MPa).



Gambar 172. Kondisi *Extend Main Frame*



Gambar 18. Hasil FEA *Main Frame*

8) Evaluasi Desain

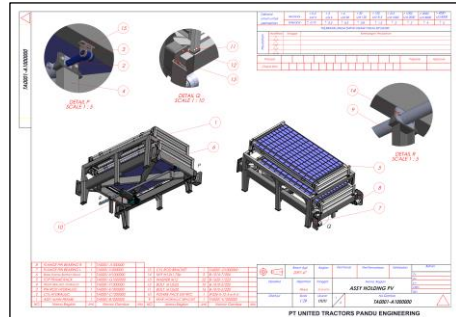
Hail evaluasi desain dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 8. *Design Evaluation*

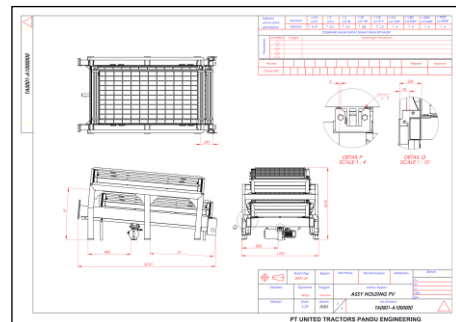
<i>Engineering Spesification</i>	Keterangan
Tidak adanya pemakaian genset selama 12 jam	Ok
Solusi dapat menghasilkan daya listrik > 20kW	Ok
Pemakaian material dengan <i>yield strength</i> antara 250 MPa sampai 350 MPa	Ok
Maksimal proses <i>bending</i> < 3, komponen dengan fungsi sama dapat diterapkan pada 2 bagian	Ok
Pengujian kekuatan dengan <i>factor of safety</i> >1	Ok
Meniadakan engsel (=0) atau memakai engsel (>0), tetapi <i>flipping</i> tidak manual	Ok
Memakai komponen dengan koefisien gesek statis lebih dari koefisien gesek teflon (< 0,2)	Ok
Sistem mampu menarik beban > 1.800 kg (FoS 6 x dari 300kg)	Ok
Tinggi maksimal permukaan atas skid ke kunci <i>drawer slides</i> rak satu (1.600 mm)	Ok

9) Detail Design

Desain 3D diubah menjadi 2D *drawing* supaya dapat difabrikasi (lihat gambar 19 dan 20).



Gambar 19. *Detail Design* Halaman 1



Gambar 20. *Detail Design* Halaman 2

**IV. KESIMPULAN**

Metode dieter yang digunakan telah berhasil mengembangkan produk *tower lamp LS4-2000 full battery* di PT United Tractors Pandu Engineering dengan penurunan CO<sub>2</sub> sebesar 100 %. Berikut merupakan hasil yang diperoleh.

1. Rancangan struktur dapat memuat total 10 solar panel. Setiap rangka rak terdapat 6 *carton drawer slides load rating* 250 kg dengan FOS 1,7.
2. TRIZ 40 prinsip inventif telah membantu menentukan sistem semi otomatis menggunakan hidrolik dengan *rod* 2.848 mm.
3. Terdapat penambahan komponen penunjang seperti *base frame down rack* (beban 623 kg dengan FOS 3,7); *flange pin bearing* (beban 2.976 kg dengan FOS 2); *main frame* dengan FOS 2,2; *bearing* SKF NU 2314 ECF; baut M20 x 25; dan Sementara untuk spesifikasi *power pack* yaitu motor kode 334, pompa 12, tangki 6 liter.

**V. DAFTAR PUSTAKA**

[1] C. Sudjoko, "Strategi Pemanfaatan Kendaraan Listrik Berkelanjutan Sebagai Solusi Untuk Mengurangi Emisi Karbon," *J. Paradig. J. Multidisipliner Mhs. Pascasarj. Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 54–68, 2021, doi: <https://doi.org/10.22146/jpmmppi.v2i2.70354>.

[2] Susilawati, "Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan," *Electron. J. Sci. Environmnetal Heal.*

*Dis.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–81, 2021, doi: <https://doi.org/10.22437/esehad.v2i1.13749>.

- [3] S. M. Nur, K. P. Pramono, and E. Yandri, “Kajian Sistem Pencahayaan dalam Operasi Pertambangan,” *J. Inform. Teknol. dan Sains*, vol. 6, no. 2, pp. 161–170, 2024, doi: <https://doi.org/10.51401/jinteks.v6i2.4002>.
- [4] G. E. Dieter and L. C. Schmidt, *Engineering Design*, Fifth Edit. United States of America: McGraw-Hill, 2013.
- [5] V. Souchkov, “Root Conflict Analysis ( RCA + ): Structured Problems and Contradictions Mapping,” in *ETRIA Conference TRIZ FUTURE 2005*, Graz, Austria: ICG Training & Consulting, 2005, pp. 483–493. doi: [https://www.researchgate.net/profile/Valeri-Souchkov/publication/238070988\\_Root\\_Conflict\\_Analysis\\_RCA\\_Structured\\_Problems\\_and\\_Contradictions\\_Mapping/links/5cd7c546299bf14d958e025a/Root-Conflict-Analysis-RCA-Structured-Problems-and-Contradictions-Mapping.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Valeri-Souchkov/publication/238070988_Root_Conflict_Analysis_RCA_Structured_Problems_and_Contradictions_Mapping/links/5cd7c546299bf14d958e025a/Root-Conflict-Analysis-RCA-Structured-Problems-and-Contradictions-Mapping.pdf).
- [6] M. F. Ashby, *Materials Selection in Mechanical Design*, Fourth. Burlington, USA: Elsevier, 2011.
- [7] J. L. Meriam and L. G. Kraige, *Engineering Mechanics Statics*, 7th Editio. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2006.
- [8] S. R. Chopade, V. N. V. Madhav, and J. Palaskar, “Finite Element Analysis: New Dimension in Prosthodontic Research,” *J. Dent. Allied Sci.*, vol. 3, no. 2, p. 85, 2014, doi: 10.4103/2277-4696.159089.
- [9] R. Hasrul, “Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif,” *J. Sain, Energi, Teknol. Ind.*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021, doi: <https://doi.org/10.31849/sainetin.v5i2.7024>.
- [10] K. Gadd, *TRIZ For Engineers : Enabling Inventive Problem Solving*, 1 (2011). United Kingdom: John Wiley & Sons, Ltd., 2011.
- [11] A. Wisnujati, W. W. Kaliman, and R. A. Himarosa, “Analysis the Strength of Mild Steel Material on a Handcycle Bike Frame,” *Log. J. Eng. Des. Technol.*, vol. 21, no. 2, pp. 80–86, 2021, doi: 10.31940/logic.v21i2.2452.