



ISSN 2088-060X

*Jurnal Sains & Teknologi*  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

Volume X. No 1. Maret 2020

**STUDI ANALISIS PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DI PT TEMPO SCAN PASIFIK**  
Eko Budi Wahyono, Rizcky Cahya Marinda

**PENGARUH BESAR TEMPERATUR DAN LAMA PEMANASAN TERHADAP DAYA  
LEKAT CAT PADA OVEN PORTABLE DALAM PENGECATAN BODI MOBIL**  
Rolan Siregar, Toha Abidin

**PERANCANGAN SISTEM INFORMASI EVENT KARANG TARUNA  
UJUNG MENTENG CAKUNG**  
Chairul Rizki, Aji Setiawan

**IMPLEMENTASI ALGORITMA FIRST COME FIRST SERVED DAN HAVERSINE  
PADA APLIKASI PEMESANAN MAKANAN BERBASIS MOBILE**  
Suzuki Syofian, Agam Aria Damar

**RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PRESALES SUKU CADANG  
PADA CV. DAMAR PUTRA TEKNIK**  
Endang Ayu S, Noor Alisya Putri

**PENERAPAN METODE HAVERSHINE DAN SISTEM FUZZY UNTUK MONITORING  
AKTIVITAS PENGIRIMAN OBAT DI PT. MANGGALLA RAYA**  
Herianto, Nur Syamsiyah, Brigitta Chesya Pricilla

**STUDI KELAYAKAN PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN SETU AGRAPANA  
MELALUI PERHITUNGAN PP, NPV, DAN IRR**  
Atik Kurnianto

**RANCANG BANGUN LOW HEAD TURBIN PIKO HIDRO**  
Aep Saepul Uyun, Bangun Novianto, Erkata Yandri, Syukri M Nur

**STUDI LITERATUR TINJAUAN PENGGUNAAN GENERATOR PACKAGE SET  
DARURAT PADA SEBUAH KAPAL**  
Danny Faturachman, Shahrin Febrian

**ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR STARLITE 400 KVA  
TERHADAP TEGANGAN TEMBUS**  
Eri Suherman, M Akbar

ISSN 2088-060X



Diterbitkan Oleh :  
Fakultas Teknik Universitas Darma Persada  
© 2020

**REDAKSI JURNAL SAINS & TEKNOLOGI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DARMA PERSADA**

**Penasehat** : Dr. Tri Mardjoko, SE, MA

**Penanggung Jawab** : Ir. Agus Sun Sugiharto, MT

**Pimpinan Redaksi** : Yefri Chan, ST, MT

**Redaksi Pelaksana** : Yendi Esye, ST, M.Si  
Mohammad Darsono, ST, MT  
Didik Sugiyanto, ST, M.Eng  
Drs. Eko Budi Wahyono, MT  
Adam Arif Budiman, ST. M.Kom

**Mitra Bestari** : Prof. Dr. Kamaruddin Abdullah, IPU  
Prof. Dr. Ir. Raihan  
Dr. Ir. Asyari Daryus  
Dr. Aep Saepul Uyun  
Dr. Liska Waluyan  
Dr. Hoga Saragih  
Dr. Iskandar Fitri

**Alamat Redaksi** : **Fakultas Teknik**  
**Universitas Darma Persada**  
**Jl. Radin Inten II, Pondok Kelapa, Jakarta Timur**  
**Telp (021) 8649051, 8649053,8649057**  
**Fax (021) 8649052/8649055**  
**E-mail : [jurnalteknikunsada@yahoo.co.id](mailto:jurnalteknikunsada@yahoo.co.id)**

## Pengantar Redaksi

Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada pada Volume X. No. 1. Maret 2020 ini menyuguhkan **sepuluh (10)** tulisan bidang teknologi. Tulisan tersebut ditulis oleh dosen-dosen Fakultas Teknik, Fakultas Teknologi Kelautan dan Sekolah Pascasarjana Universitas Darma Persada, yang tentu saja kami harap dapat menambah wawasan pembaca.

Jurnal Volume X. No. 1 Maret 2020 ini diawali dengan tulisan Studi Analisis Penghematan Energi Listrik Di PT. Tempo Scan Pasifik, Pengaruh Besar Temperatur Dan Lama Pemanasan Terhadap Daya Lekat Cat Pada Oven Portable Dalam Pengecatan Bodi Mobil, Perancangan Sistem Informasi Event Karang Taruna Ujung Menteng Cakung, Implementasi Algoritma First Come First Served Dan Haversine Pada Aplikasi Pemesanan Makanan Berbasis Mobile, Rancang Bangun Sistem Informasi Presales Suku Cadang Pada CV. Damar Putra Teknik, Penerapan Metode Haversine Dan Sistem Fuzzy Untuk Monitoring Aktivitas Pengiriman Obat Di PT. Manggalla Raya, dan Studi Kelayakan Proyek Pembangunan Perumahan Setu Agrapana Melalui Perhitungan PP, NPV, dan IRR, Rancang Bangun Low Head Turbin Piko Hidro,

Jurnal Volume X. No. 1 Maret 2020 ini ditutup dengan tulisan dua tulisan Studi Literatur Tinjauan Penggunaan Generator Package Set Darurat Pada Sebuah Kapal dan Analisis Karakteristik Minyak Transformator Starlite 400 KVA Terhadap Tegangan Tembus.

Kami mengharapkan untuk edisi berikutnya bisa menampilkan tulisan-tulisan dari luar Universitas Darma Persada lebih banyak lagi, selamat membaca dan kami berharap tulisan-tulisan ini dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan minat pembaca.

**Redaksi Jurnal**

## DAFTAR ISI

		Halaman
1	STUDI ANALISIS PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DI PT. TEMPO SCAN PASIFIK ..... <b>Eko Budi Wahyono, Rizcky Cahya Marinda</b>	1 - 13
2	PENGARUH BESAR TEMPERATUR DAN LAMA PEMANASAN TERHADAP DAYA LEKAT CAT PADA OVEN PORTABLE DALAM PENGECATAN BODI MOBIL ..... <b>Rolan Siregar, Toha Abidin</b>	14 – 22
3	PERANCANGAN SISTEM INFORMASI <i>EVENT</i> KARANG TARUNA UJUNG MENTENG CAKUNG ..... <b>Chairul Rizki, Aji Setiawan</b>	23 - 30
4	IMPLEMENTASI ALGORITMA <i>FIRST COME FIRST SERVED</i> DAN HAVERSINE PADA APLIKASI PEMESANAN MAKANAN BERBASIS MOBILE ..... <b>Suzuki Syofian, Agam Aria Damar</b>	31 - 40
5	RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI <i>PRESALES</i> SUKU CADANG PADA CV. DAMAR PUTRA TEKNIK ..... <b>Endang Ayu S, Noor Alisya Putri</b>	41 - 49
6	PENERAPAN METODE HAVERSHINE DAN SISTEM FUZZY UNTUK MONITORING AKTIVITAS PENGIRIMAN OBAT DI PT. MANGGALLA RAYA ..... <b>Herianto, Nur Syamsiyah, Brigitta Chesya Pricilla</b>	50 - 61
7	STUDI KELAYAKAN PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN SETU AGRAPANA MELALUI PERHITUNGAN PP, NPV, dan IRR .... <b>Atik Kurnianto</b>	62 - 67
8	RANCANG BANGUN <i>LOW HEAD</i> TURBIN PIKO HIDRO ..... <b>Aep Saepul Uyun, Bangun Novianto, Erkata Yandri, Syukri M Nur</b>	67 - 79
9	STUDI LITERATUR TINJAUAN PENGGUNAAN <i>GENERATOR PACKAGE SET</i> DARURAT PADA SEBUAH KAPAL ..... <b>Danny Faturachman, Shahrin Febrian</b>	80 – 91
10	ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR STARLITE 400 KVA TERHADAP TEGANGAN TEMBUS ..... <b>Eri Suherman, M Akbar</b>	91 - 99

## STUDI ANALISIS PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DI PT TEMPO SCAN PASIFIK

Eko Budi Wahyono<sup>1</sup>, Rizcky Cahya Marinda<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Industri merupakan pengguna energy listrik yang cukup besar, karena sifatnya yang memproduksi barang dalam jumlah besar. Kemajuan suatu industry tidak lepas dari kebijakan dalam memanfaatkan energy listrik/Konservasi Energi dalam mendukung proses produksi. Berdasarkan standar IKE maka dapat ditetapkan bahwa satu perusahaan kebijakan konsumsi energinya boros atau hemat, berdasarkan pengamatan ternyata pada PT TEMPO SCAN PASIFIK mengkonsumsi 268 kWh/m<sup>2</sup> melebihi standar IKE ASEAN-USAID yang 240 kWh/m<sup>2</sup> dan masuk kategori boros. Hal tersebut disebabkan beban pada system pendingin ruangan (HVAC) cukup besar, secara keseluruhan AC 59,3%, Mesin 25,5%, Penerangan 4,2%, office 3,7%, dan TR 1,9%. Untuk system penerangan dirasa cukup hemat terlihat dari Kuat pencahayaan per ruangan berkisar (214-282) LUX, yang masih dibawah standar SNI yang (300) LUX. Dengan demikian secara keseluruhan pemborosan energy terjadi pada bulan maksimum produksi yakni bulan Juni-Desember, sebab pada bulan tersebut shif kerja lebih banyak yang normalnya 2 shif menjadi 3 shif.*

**Kata kunci :** *Konservasi Energi, konsumsi energy, standar IKE, standar SNI, pemborosan energy*

### 1. PENDAHULUAN

Industri merupakan pengguna energy listrik yang cukup besar, karena sifatnya yang memproduksi barang dalam jumlah besar. Kemajuan suatu industry tidak lepas dari kebijakan dalam memanfaatkan energy listrik/Konservasi Energi dalam mendukung proses produksi. PT Tempo Scan Pasifik merupakan sebuah industri yang bergerak di bidang farmasi. Sumber utama listrik di PT. Tempo Scan Pasifik berasal dari Cikarang Listrindo (CL). Saat ini Cikarang Listrindo merupakan perusahaan swasta yang penyediaan energi listrik di kawasan MM2100 dan EJIP. Selain itu, PT. Tempo Scan Pasifik memiliki lima unit genset yang berfungsi untuk memback up sumber listrik jika ada masalah suplai listrik dari Cikarang Listrindo. Dengan adanya kapasitor bank dengan kapasitas 750 KVAR, maka faktor daya yang dimiliki oleh PT Tempo Scan Pasifik adalah sebesar 0,96, ini merupakan faktor daya yang bagus dalam bidang industri.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembelajaran tentang audit energi dan efisiensi pemakaian energi di PT Tempo Scan Pasifik Tbk. Dari pembelajaran ini diharapkan dapat mengetahui konsumsi energi dari suatu industri dan mengetahui potensi penghematan energi. Usaha audit energi dan penghematan energi pada industri ini dilakukan pada beban motor, penerangan dan AC.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Konservasi Energi

Konservasi adalah pelestarian atau perlindungan. Sedangkan untuk konservasi energi menurut PP 70 Tahun 2009 adalah upaya sistematis, terencana, dan terpadu untuk melestarikan sumber daya energi dalam negeri serta meningkatkan efisiensi pemanfaatannya. Tujuan konservasi energi adalah untuk memelihara kelestarian sumber daya alam yang berupa sumber energi melalui kebijakan pemilihan teknologi dan pemanfaatan energi secara efisien dan rasional. Penghematan energi dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien dimana manfaat yang sama diperoleh dengan menggunakan energi lebih sedikit. Penghematan energi dapat menyebabkan berkurangnya biaya, serta meningkatkan efisiensi dan keuntungan [9].

### 2.2. Audit Energi

Audit energi secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sebuah proses untuk mengevaluasi di mana sebuah bangunan atau pabrik yang menggunakan energi, dan mengidentifikasi peluang untuk mengurangi konsumsi [1].

### 2.3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE)

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan besarnya jumlah penggunaan energi tiap meter persegi luas kotor (*gross*) bangunan dalam suatu kurun waktu tertentu.

Penggunaan energi dapat dihitung jika diketahui [3]:

1. Rincian luas bangunan gedung dan luas total bangunan gedung ( $m^2$ ).
2. Konsumsi Energi bangunan gedung per tahun (kWh/tahun).
3. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) bangunan gedung per tahun ( $kWh/m^2/tahun$ ).
4. Biaya energi bangunan gedung (Rp/kWh).

$$IKE \left( \frac{kWh}{m^2} \right) = \frac{\text{Total Konsumsi}(kWh)}{\text{Total Luas Lantai}(m^2)} \quad (1)$$

### 2.4. Macam – Macam Daya Listrik

Daya listrik dalam bentuk kompleks dapat dinyatakan oleh persamaan [5]:

$$S = P \pm jQ \quad (2)$$

dimana : P = Daya aktif/nyata (Watt)

Q = Daya reaktif (VAR)

S = Daya semu (VA)

Besar kecilnya daya reaktif yang diserap oleh beban mengakibatkan faktor daya sistem berbeda. Faktor daya minimal yang harus dipenuhi oleh beban yang tersambung ke jaringan PLN di Indonesia adalah minimal 0.85 *lagging*. Bagi beban memiliki faktor daya kurang dari 0.85 *lagging* perlu dipasang kompensasi daya reaktif di sisi beban. Keuntungan lain dari pemasangan kompensasi daya reaktif adalah menurunkan jatuh tegangan (menaikan tegangan), mengurangi rugi-rugi saluran, menambah penyediaan kapasitas daya (VA). Sedangkan untuk mencari nilai energi (W), digunakan persamaan berikut:

$$W = P \times t \quad (3)$$

dimana: W = Energi listrik (kWh)

$$P = \text{Daya yang digunakan (kW)} \quad t = \text{Waktu (jam)}$$

## 2.5. Motor Listrik

Motor listrik merupakan sebuah benda yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik kadangkala disebut "Pekerjaan kuda" nya industri sebab diperkirakan bahwa motor menggunakan energi listrik sekitar 70% dari total energi listrik yang dikonsumsi oleh industri tersebut [5].

Efisiensi motor dapat didefinisikan sebagai perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya. Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi adalah usia, kapasitas, kecepatan, jenis, dan suhu. Beberapa motor listrik didesain untuk beroperasi pada 50% hingga 100% beban nominal. Efisiensi maksimum adalah yang mendekati 75% pada beban nominal.

Untuk menghitung beban pada motor dapat dilakukan secara langsung atau dengan menggunakan metode pengukuran daya masuk. Pengukuran secara langsung dilakukan jika memiliki komponen yang digunakan dalam persamaan :

$$\eta = \frac{Load}{P_i} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana: Load : Daya yang keluar sebagai % (kW)

P<sub>i</sub> : Daya masuk tiga fasa (kW)

η : Efisiensi operasi motor (%)

Namun jika kesulitan dalam mengetahui besar efisiensi secara langsung, maka dapat dilakukan metode pengukuran daya masuk untuk menghitung beban terlebih dahulu. Tahap pertama adalah menentukan daya masuk dengan menggunakan persamaan:

$$P_i = \frac{V \times I \times PF \times \sqrt{3}}{1000} \quad (5)$$

Dimana: P<sub>i</sub> : Daya tiga fasa (kW)

V: Nilai tegangan terukur (Volt)

I : Nilai arus terukur (ampere)

PF : Faktor daya dalam desimal

Lalu menentukan nilai daya masuk dengan mengambil nilai pada *nameplate* dengan menggunakan persamaan:

$$P_r = HP \times \frac{0.746}{\eta_r} \quad (6)$$

Dimana: P<sub>r</sub> : Daya masuk beban penuh (kW)

HP : Nilai daya pada *nameplate* (HP)

η<sub>r</sub> : Efisiensi pada beban penuh

Selanjutnya menentukan daya keluar yang dinyatakan dalam %, yaitu dengan menggunakan persamaan:

$$Load = \frac{P_i}{P_r} \times 100\% \quad (7)$$

Dimana: *Load* : Daya keluar yang dinyatakan dalam % nilai daya nominal

*Pi* : Daya tiga fasa terukur (kW)

*Pr* : Daya masuk beban penuh (kW)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Observasi Data PT. Tempo Scan Pasifik

Langkah audit energi awal dengan observasi wawancara kepada pihak leader/engineering dalam sistem instalasi, konsumsi energi dan pendistribusian listrik. Data yang didapatkan terkait pemakaian energi listrik adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Pemakaian Listrik Perbagian HVAC

Tahun	Bulan	HVAC		
		AHU(Lt1) ( KWh )	AHU(Lt2) ( KWh )	Chiller( KWh )
1999	Jul	80,793	81,756	187,806
	Aug	77,667	78,254	175,597
	Sep	80,397	84,127	180,509
	Oct	76,717	79,045	177,117
	Nov	79,088	87,627	191,063
	Dec	78,538	87,971	203,276
2020	Jan	70,406	72,154	165,913
	Feb	80,035	89,142	202,874
	Mar	69,872	74,561	189,019
	Apr	63,619	64,394	164,354
	May	72,315	73,184	190,430
	Jun	64,205	71,297	182,729

Tabel 2. Pemakaian Listrik Perbagian Mesin Produksi

Tahun	Bulan	Mesin Produksi		
		Mesin (Lt1) ( KWh )	Mesin (Lt2) ( KWh )	Mesin Line FCL ( KWh )
1999	Jul	41,055	22,225	47,269
	Aug	43,853	23,049	39,723
	Sep	48,221	24,385	43,468
	Oct	48,280	20,562	40,548
	Nov	52,134	19,070	41,635
	Dec	51,814	17,648	41,373
2020	Jan	40,232	15,504	35,814
	Feb	51,983	16,602	42,573
	Mar	47,102	12,381	40,421
	Apr	37,799	10,043	35,951
	May	43,840	11,883	39,248
	Jun	42,212	12,170	37,645



Tabel 3 Pemakaian Listrik Perbagian

Tahun	Bulan	Compressor (KWh)	Office (KWh)	TR (KWh)	LP1 (KWh)	LP2 (KWh)
1999	Jul	48,864	20,685	10,506	14,238	13,209
	Aug	42,876	20,688	10,827	11,178	13,344
	Sep	54,175	22,423	12,081	11,790	13,424
	Oct	35,923	22,696	11,481	10,620	12,216
	Nov	37,668	23,051	12,571	12,527	12,862
	Dec	40,708	21,044	12,207	14,195	12,482
2020	Jan	37,918	19,210	9,953	12,848	10,960
	Feb	52,330	22,099	11,160	15,677	13,247
	Mar	42,194	19,778	10,194	10,870	11,603
	Apr	32,268	18,908	9,546	9,397	10,007
	May	36,778	19,856	9,756	10,568	10,472
	Jun	39,515	20,641	9,485	9,895	10,449

Tabel 4. Total Pemakaian Listrik

Tahun	Bulan	Total KWh
1999	Jul	568,406
	Aug	537,054
	Sep	575,000
	Oct	535,205
	Nov	569,295
	Dec	581,255
2020	Jan	488,942
	Feb	597,721
	Mar	527,995
	Apr	456,285
	May	518,329
	Jun	500,244
	Total	6,455,730

### 3.2. Perhitungan IKE

Intensitas Konsumsi Energi (IKE) adalah jumlah penggunaan energi listrik tiap meter persegi luas bangunan dalam periode tertentu. Luas bangunan PT. Tempo Scan Pasifik adalah 24,090 m<sup>2</sup>. Sedangkan Konsumsi energi listrik PT. Tempo Scan Pasifik dalam periode Juli 2019 – Juni 2020 sebesar 6,455,730 kWh. Perhitungan IKE menggunakan persamaan (2) :

$$IKE = \frac{6,455,730}{24,090} \text{ kWh/m}^2/\text{Tahun} = 268.07 \text{ kWh/m}^2/\text{Tahun}$$

### 3.3. Perhitungan Beban Pencahayaan

Berdasarkan hasil surei di lapangan, pencahayaan buatan di area produksi di seluruh lantai menggunakan lampu jenis LED Tube 2 x 18 W di setiap ruangan. Untuk mendapatkan gambaran mengenai kualitas pencahayaan yang ada di area produksi, dilakukanlah pengukuran kuat pencahayaan dengan menggunakan lux

meter. Pengukuran dilakukan dengan pengambilan sampel data kuat pencahayaan pada setiap titik didalam ruangan kerja. Berikut adalah tabel hasil pengukuran lux meter.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Lux Meter

No	Nama Rangan	Luas Ruangan (m <sup>2</sup> )	Rata-Rata Hasil Pengukuran (LUX)
1	Ruang Produksi A	12	191
2	Ruang Produksi B	12	193
3	Ruang Administrasi	10	214

### 3.4. Pemakaian Energi Pada AHU

Pada sistem AHU (*Air Handling Unit*), pemakaian energi listrik terdapat pada motor *fan blower*, maka perhitungan pemakaian daya listrik berdasarkan jumlah daya yang terpasang pada *name plate* motor tersebut. Jumlah AHU yang di gunakan berjumlah 18 unit, yang terbagi di 2 lantai, 9 unit di lantai 1 dan 9 unit di lantai 2. Nilai daya berdasarkan *name plate* yang terpasang pada motor *fan blower* AHU dapat ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 6. Daya Motor *fan blower* pada AHU

Lantai	No AHU	Kapasitas Daya (kW)
Lantai 1	1.01	5.5
	1.02	15
	1.03	15
	1.04	15
	1.05	11
	1.05A	11
	1.06	5.5
	1.06A	15
	1.07	15
Lantai 2	2.01	7.5
	2.02	15
	2.03	15
	2.04	11
	2.05	5.5
	2.06	11
	2.07	15
	2.08	11
	2.09	15

Perhitungan pemakaian energi pada motor bisa dilakukan dengan cara mengalikan daya yang tertera pada *name plate* dengan waktu beroperasi motor

tersebut. Berikut contoh perhitungan pemakaian energi perhari dan perbulan pada motor *fan blower* berdasarkan *name plate*.

**- Pada AHU 1.01 :**

Daya perhari = daya pada *nama plate* x waktu beroperasi...(3.1)  
 = 5.5 kW x 24 Jam  
 = 132 kWh per hari  
 Daya perbulan = 132 kWh x 30 hari  
 = 3,960 kWh per bulan

**- Pada AHU 2.01**

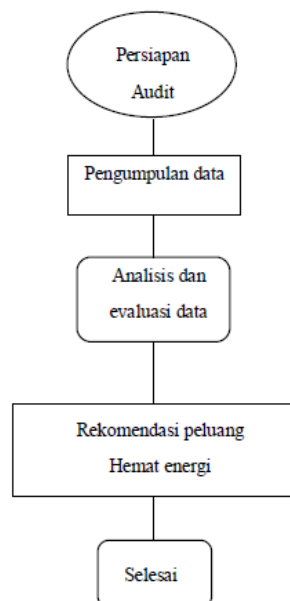
Daya perhari = 7.5 kW x 24 jam  
 = 180 kWh per hari  
 Daya perbulan = 180 kWh x 30 hari  
 = 5400 kWh per bulan

### 3.5. Pemakaian Energi Pada Chiller

Pada Sistem Chiller, perhitungan pemakaian daya listrik berdasarkan jumlah daya yang terpasang pada *name plate* Chiller. Jumlah Chiller yang di gunakan berjumlah 2 unit. Nilai daya berdasarkan *name plate* yang terpasang pada Chiller adalah sebesar 198 kW. Karena jumlah chiller ada 2 unit dan jam operasionalnya adalah 24 jam per hari, maka dapat dilakukan penghitungan sebagai berikut:

Daya perhari = 2 x 198 kW x 24 jam  
 = 9,504 kWh Perhari  
 Daya perbulan = 9504 x 30 hari  
 =285,120 kWh Perbulan

Diagram alur berikut ini akan membantu menjelaskan bagaimana alur dalam penelitian.



Gambar 1. Diagram alur Analisa

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1. Jenis Beban di PT. Tempo Scan Pasifik

Pada PT. Tempo Scan Pasifik, beban yang digunakan dapat dikelompokkan menjadi :

- a. Beban Penerangan
- b. Beba stop kontak
- c. Beban Tenaga

##### Beban Penerangan

Beban penerangan merupakan beban lampu-lampu yang terpasang pada perusahaan, baik yang di dalam gedung maupun lampu jalan atau taman. Untuk di dalam gedung menggunakan lampu LED. Untuk lampu jalan menggunakan jenis lampu LED dan untuk lampu taman menggunakan lampu jenis hemat energi.

##### Beban Stop Kontak

Banyak peralatan yang digunakan di PT. Tempo Scan Pasifik selama proses produksi maupun peralatan yang mendukung proses produksi tersebut. Peralatan tersebut merupakan beban stop kontak yang digunakan untuk melayani peralatan listrik 1 fasa dan 3 fasa. Beban 1 phase meliputi peralatan listrik dan peralatan elektronik seperti AC, komputer, printer, mesin fotocopy, dispenser dan lain sebagainya. Dan untuk beban 3 fasa seperti charger forklift, mesin las dan lain sebagainya.

##### Beban Tenaga

Beban tenaga merupakan beban yang memerlukan daya yang cukup besar karena pada beban ini menggunakan motor-motor listrik. Beban tenaga yang terpasang di PT. Tempo Scan Pasifik seperti *Chiller*, *Heating Ventilating Air Conditioner (HVAC)*, *Air Handling Unit (AHU)*, Lift barang dan motor listrik.

##### 4.2 Data Konsumsi Energi Listrik dalam kWh

Hasil pengumpulan data historis konsumsi energi listrik pada PT. Tempo Scan Pasifik periode Juli 2019 sampai dengan Juni 2020 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Total Pemakaian Energi dalam kWh

TAHUN	BULAN	TOTAL (KWH)
2019	Jul	568,406
	Aug	537,054
	Sep	575,000
	Oct	535,205
	Nov	569,295
	Dec	581,255
2020	Jan	488,942
	Feb	597,721
	Mar	527,995
	Apr	456,285
	May	518,329
	Jun	500,244
Total		6,455,730

Setelah menganalisa data penggunaan secara signifikan yang di bagi per bagian, maka didapatkan persentase konsumsi energi di setiap bagiannya yang dapat dilihat di tabel 8.

Tabel 8. Persentase konsumsi energi PT. Tempo Scan Pasifik.

Bulan	% HVAC	% MESIN	% PENERANGAN	% OFFICE	% TR
Jul	61.6%	28.0%	4.8%	3.6%	1.8%
Aug	58.3%	26.3%	4.3%	3.6%	1.9%
Sep	60.7%	30.0%	4.4%	3.9%	2.1%
Oct	58.6%	25.6%	4.0%	4.0%	2.0%
Nov	62.9%	26.5%	4.5%	4.1%	2.2%
Dec	65.1%	26.7%	4.7%	3.7%	2.1%
Jan	54.3%	22.8%	4.2%	3.4%	1.8%
Feb	65.5%	28.8%	5.1%	3.9%	2.0%
Mar	58.7%	25.0%	4.0%	3.5%	1.8%
Apr	51.4%	20.4%	3.4%	3.3%	1.7%
May	59.1%	23.2%	3.7%	3.5%	1.7%
Jun	56.0%	23.1%	3.6%	3.6%	1.7%
<b>Rata-rata</b>	<b>59.3%</b>	<b>25.5%</b>	<b>4.2%</b>	<b>3.7%</b>	<b>1.9%</b>

Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa tabel dan gambar tersebut menunjukkan persentase konsumsi listrik tertinggi ada pada bagian HVAC yaitu sebesar 59.3 %, dilanjutkan bagian mesin 25.5 %, beban penerangan 4.2 %, beban office 3.7 % dan beban pada beban TR 1.9 % dari konsumsi energi listrik total selama periode bulan Juli 2019 sampai Juni 2020.

Penggunaan energi listrik setiap bulan berbeda-beda, ketika tagihan listrik tinggi berarti saat bulan tersebut jumlah target produksi dimaksimalkan dan saat tagihan rendah dikarenakan keadaan normal dan terdapat libur nasional atau cuti bersama PT. Tempo Scan Pasifik.

Dari tabel 7 menunjukkan total pemakaian listrik dalam satu tahun sebesar 6,455,730 kWh dan pemakaian listrik tertinggi terjadi pada bulan Februari dengan pemakaian kwh sebesar 597,721 kWh.

#### 4.3 Intensitas Konsumsi Energi

Hasil dari penghitungan nilai IKE dengan cara membagi total pemakaian energi selama satu tahun dengan luas gedung dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Hasil Hitung Nilai IKE

TAHUN	BULAN	kWh TOTAL	IKE kWh/m <sup>2</sup>
2019	Juli	568,406	23.60
	Agustus	537,054	22.29
	September	575,001	23.87
	Oktober	535,205	22.22
	November	569,296	23.63
	Desember	581,256	24.13
2020	Januari	490,911	20.38
	Februari	597,721	24.81
	Maret	527,995	21.92
	April	456,285	18.94
	Mei	518,327.90	21.52
	Juni	500,243	20.77
Total		6,457,700	268.07

Nilai IKE untuk gedung produksi berdasarkan perhitungan adalah sebesar 268 kWh/m<sup>2</sup> per tahun. Nilai tersebut berada di atas *standard* IKE ASEAN-USAID tahun 1992 untuk komersial atau perusahaan sebesar 240 kWh/m<sup>2</sup> per tahun. Sehingga bisa dikatakan nilai IKE ini masuk dalam kategori boros.

#### 4.4 Beban Pencahayaan

Pengukuran nilai kuat pencahayaan dilakukan pada 2 jenis ruangan, yaitu ruang produksi dan ruang administrasi. Hasil pengukuran tersebut dapat dibandingkan dengan standar SNI 6197-2011 tentang Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan yang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Hasil Ukur Nilai Kuat Pencahayaan

NO	Nama Ruangan	Luas Ruangan	Rata-Rata (LUX)	Tingkat Pencahayaan (LUX)
1	Ruang Produksi A	12 m <sup>2</sup>	191	200
2	Ruang Produksi B	12 m <sup>2</sup>	193	200
3	Ruang Administrasi	10 m <sup>2</sup>	214	350

Dari tabel 9 di atas untuk semua pencahayaan ruangan rata-rata di bawah standar SNI. Kondisi ini secara penggunaan energi dapat menjadi hemat. Namun kenyamanan dari pegawai yang bekerja di area tersebut jadi berkurang.

#### 4.5 Pemakaian Energi Pada AHU

Setelah dilakukan pengamatan dari data persentase energi diperlukan penghematan energi pada bagaian HVAC, dimana pada bagian HVAC terdapat AHU, lalu didalam AHU terdapat motor listrik yaitu motor *fan blower*. Setelah dilakukan pengecekan dan penghitungan pemakaian energi berdasarkan *name plate* yang terpasang pada motor *fan blower*, nilai pemakaian energi tersebut dapat dibandingkan dengan nilai pemakaian yang berasal dari sistem, tabel terlampir :

Tabel 10. Perbandingan Pemakaian Energi Pada AHU

Bulan	AHU (KWH)			AHU (Name Plate) (KWH)		
	Lt 1	Lt 2	Total	Lt 1	Lt 2	Total
Jul	80,793	81,756	162,549	77,760	76,320	154,080
Aug	77,667	78,254	155,921	77,760	76,320	154,080
Sep	80,397	84,127	164,524	77,760	76,320	154,080
Oct	76,717	79,045	155,762	77,760	76,320	154,080
Nov	79,088	87,627	166,715	77,760	76,320	154,080
Dec	78,538	87,971	166,509	77,760	76,320	154,080
Jan	70,406	72,154	142,560	77,760	76,320	154,080
Feb	80,035	89,142	169,177	77,760	76,320	154,080
Mar	69,872	74,561	144,433	77,760	76,320	154,080
Apr	63,619	64,394	128,013	77,760	76,320	154,080
May	72,315	73,184	145,498	77,760	76,320	154,080
Jun	64,205	71,297	135,502	77,760	76,320	154,080
total satu tahun	893,652	943,511	1,837,163	933,120	915,840	1,848,960

Data dalam table diatas dapat dibandingkan antara nilai pemakaian yang berasal dari sistem, dengan nilai pemakaian maksimum alat.

Tabel 11. Perbandingan Pemakaian Energi Pada Chiller

Bulan	Chiller Sistem (KWH)	Chiller Name Plate (KWH)
Jul	187,806	285,120
Aug	175,597	285,120
Sep	180,509	285,120
Oct	177,117	285,120
Nov	191,063	285,120
Dec	203,276	285,120
Jan	165,913	285,120
Feb	202,874	285,120
Mar	189,019	285,120
Apr	164,354	285,120
May	190,430	285,120
Jun	182,729	285,120
Total satu tahun	2,210,686	3,421,440

Berdasarkan tabel 11 diatas, perbandingan antara nilai pemakaian daya yang terbaca di sistem lebih rendah dari daya maksimum yang terdapat pada *name plate* chiller.

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan adapun kesimpulan yang dapat ditarik dalam penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Persentase konsumsi listrik tertinggi di PT. Tempo Scan Pasific, Tbk adalah pada bagian HVAC yaitu sebesar 59.3 %, dilanjutkan bagian mesin 25.5 %, beban penerangan 4.2 %, beban office 3.7 % dan beban pada beban TR 1.9 % dari konsumsi energi listrik total selama periode bulan Juli 2019 sampai Juni 2020.
2. Intensitas Konsumsi Energi (IKE) PT. Tempo Scan Pasifik selama periode bulan Juli 2019 sampai dengan Juni 2020 adalah sebesar 268 kWh/m<sup>2</sup> per tahun. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai Intensitas konsumsi energi pada PT tempo Scan Pasifik menunjukkan pada kriteria boros.
3. Lampu yang digunakan oleh PT Tempo Scan Pasifik untuk penerangan buatan adalah lampu Tube LED 18 W. Penggunaan lampu tersebut terbukti dapat menghemat pemakaian daya, dikarenakan hasil nilai ukur kuat pencahayaan terhadap lampu tersebut masih dibawah standar SNI.
4. Pemakaian energi pada AHU pada bulan Juli 2019 sampai dengan Desember 2019 serta bulan Februari, penggunaan daya pada AHU melebihi daya maksimumnya. Maka dari itu perlu dilakukanya perawatan lebih detail terhadap unit tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Thumann, Albert, P.E., C.E.M. & William J. Younger, C.E.M, 2003, *Handbook Of Energi Audits Sixth Edition*, The Fairmont Press, inc., Georgia
2. UNINDO, 2010, *Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking*, page. 57.
3. Badan Standardisasi Nasional, 2000, *SNI 03-6196-2000, Prosedur Audit Energi Pada Bangunan Gedung*, BSN, Jakarta
4. Mismail, Budiono, 1995, *Rangkaian listrik jilid 1*, ITB, Bandung



5. United Nation Environment Programme, 2006, ***Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia***. ([www.energyefficiencyasia.org](http://www.energyefficiencyasia.org))
6. WEG, 2009, ***Induction Motors Fed By PWM Frequency Inverters***.
7. - , 2006, ***Best Practice Manual Lighting***, Devki Energi Consultancy Pvt. Ltd, Vadodara.
8. P. Van Harten, 2002, ***Instalasi Listrik Arus Kuat 2***. Trimitra Mandiri
9. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 70, 2009, ***Tentang Konservasi Energi Jakarta***, Presiden Republik Indonesia.

## PENGARUH BESAR TEMPERATUR DAN LAMA PEMANASAN TERHADAP DAYA LEKAT CAT PADA OVEN PORTABLE DALAM PENGECATAN BODI MOBIL

Rolan Siregar<sup>1</sup>, Toha Abidin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Cat bodi mobil bisa terkelupas karena berbagai hal seperti gesekan seperti benda lain atau tabrakan. Cat yang terkelupas pada bagian tertentu biasanya akan di cat ulang setelah mengembalikan bentuk bodi pada kondisi semula. Pengecatan bodi mobil dengan luas yang relatif kecil dilakukan menggunakan oven portabel. Pada penelitian ini akan ditampilkan rancang bangun oven portabel untuk pengecatan bodi mobil dengan luas tertentu. Hal utama dari rancangan mesin ini adalah untuk mengetahui besar temperatur dan lama pemanasan dalam oven supaya menghasilkan daya lekat cat yang baik. Metode penelitian ini adalah metode eksperimental dibuat secara sistematis dari studi literatur sampai dengan kesimpulan. Ada beberapa material yang digunakan diantaranya besi plat dengan ketebalan 1,5mm, aluminium foil 1mm dan besi hollow galvanis. Hasil perancangan oven cat portabel ini diperoleh suhu yang optimal yaitu 65°C dengan lama pemanasan 180 menit dan emaksimalkan pekerjaan dari yang seharian penuh menjadi 3 jam untuk sekali repair bodi kendaraan. Alat ini diharapkan dapat dikembangkan lagi menjadi mesin yang lebih sempurna, sehingga dipergunakan oleh kalangan yang terkait untuk pengecatan bodi mobil.*

**Kata kunci :** Pengecatan bodi mobil, daya lekat cat oven portabel

### ABSTRACT

*Car body paint can peel off due to various things such as friction such as other objects or collisions. Paint that has peeled off in certain parts will usually be repainted after restoring the body shape to its original condition. Painting of the car body with a relatively small area is done using a portable oven. This research will show the design of a portable oven for painting a car body with a certain area. The main thing about the design of this machine is to know the temperature and heating time in the oven in order to produce a good paint adhesion. This research method is an experimental method made systematically from literature studies to conclusions. There are several materials used, including plate iron with a thickness of 1.5mm, aluminum foil 1mm and hollow galvanized iron. The results of this portable paint oven design obtained an optimal temperature of 65 ° C with a heating time of 180 minutes and maximize work from a full day to 3 hours for one vehicle body repair. It is hoped that this tool can be further developed into a more perfect machine, so that it is used by those concerned for painting car bodies.*

**Key words:** Car body painting, adhesive power of portable oven paint.

### 1. PENDAHULUAN

Banyak pengusaha pengecatan menengah yang masih banyak menggunakan matahari sebagai media untuk mengeringkan cat setelah proses pengecatan dilakukan di luar ruangan. Dengan hal ini, para pengusaha pengecatan tidak dapat menghasilkan

keuntungan dari hasil pengecatan itu sendiri, dikarenakan hasil yang kurang maksimal yaitu terdapat debu atau partikel-partikel kecil yang menempel pada cat. Menggunakan penutup terpal untuk mengatasi masuknya debu dan udara kotor dari luar ruangan adalah hal yang biasanya dilakukan oleh para pengusaha menengah, akan tetapi dengan cara ini kurang efektif karena masih banyak kebocoran atau celah-celah yang dapat udara kotor atau polusi yang terdapat diluar ruangan bisa masuk ke dalam ruangan. Pemanasan bodi kendaraan yang baik adalah dilakukan di dalam ruangan yang biasanya disebut dengan *Cat Oven (Paint Booth)* karena bebas dari polusi udara dan udara kotor yang ada di luar ruangan. Ruang pemanas cat yang menggunakan pemanas elemen didesain khusus yang memiliki beberapa keunggulan yaitu: proses pengeringan cepat, mudah memasang, bebas debu, dan suhu temperatur ruangan dapat diatur.

Dengan permasalahan di atas dibutuhkan alat yang dapat membantu proses pengecatan dan pemanasan untuk pengeringan bodi kendaraan yang dapat diaplikasikan di bengkel-bengkel menengah yang efisien dan minimalis. Spesifikasi yang harus dipenuhi dalam alat tersebut adalah mampu memenuhi kebutuhan panas yang optimal dan melakukan proses sirkulasi udara panas yang bersih tanpa adanya debu dan partikel-partikel kecil lainnya.

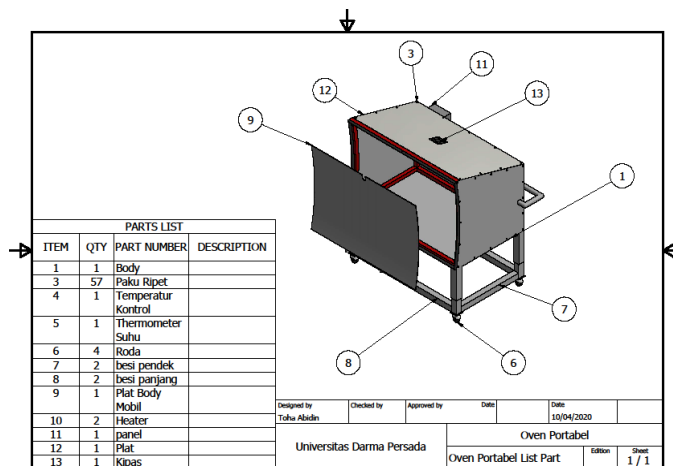
## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

### 2.2. Konsep Desain Oven Portabel

Oven Portabel ini memiliki desain yang dirancang untuk mengeringkan cat pada bodi mobil yaitu dengan menggunakan heater berkapasitas 300 watt dan pengontrol suhu.



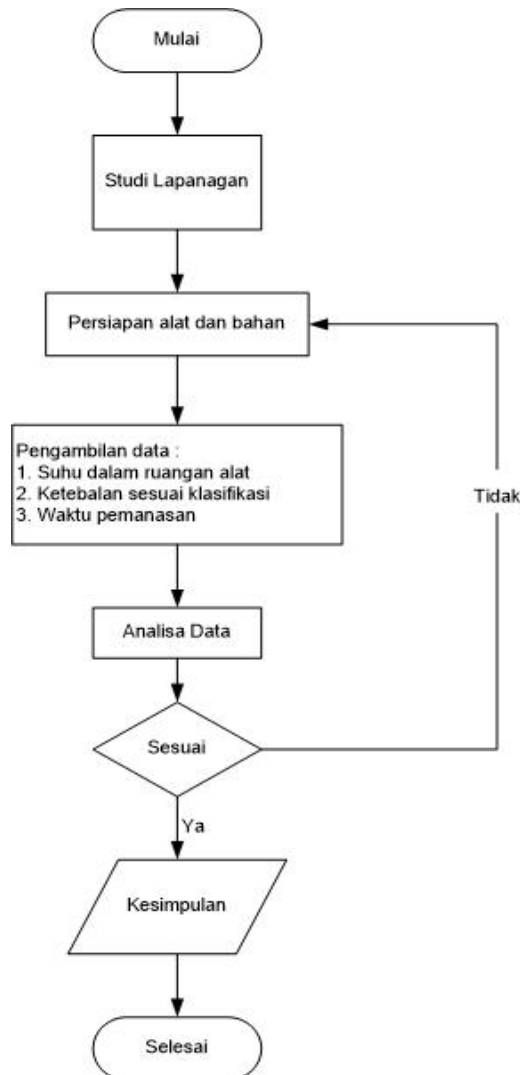
Gambar 1. Dimensi oven portabel.

Keterangan gambar :

Tinggi depan 70 Cm,tinggi belakang 53 Cm lebar oven 63 Cm, panjang oven 100 Cm bahan terbuat dari plat besi dan alumunium foil ,serta *heater* kapasitas 300 Watt Temperatur yang dihasilkan berkisar antara 35°C - 75°C.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Secara keseluruhan proses penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut (Gambar 2).



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Secara umum metode yang digunakan adalah eksperimental. Tahapan awal pembuatan oven portebel ini adalah membuat desain menggunakan *software Autodesk Inventor 2019*, setelah desain selesai dilakukan proses fabrikasi. Setelah oven portebel ini maksimal. Pengujian dilakukan sampai mendapatkan hasil terbaik. Hasil rancangan oven portebel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil rancangan akhir

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### A. Spesifikasi oven portabel

Adapun spesifikasi dari oven portabel diatas adalah :

- Dimensi : Tinggi depan 70 Cm, Tinggi belakang 53 Cm lebar oven 63 Cm, panjang oven 100 Cm
- Bahan : Terbuat dari Plat besi dan alumunium foil ,serta Heater kapasitas 300 Watt
- Temperatur yang dihasilkan : berkisar antara 35°C - 75°C

##### B. Data Yang Di Dapat

Untuk mendapatkan angka ada beberapa perhitungan digunakan agar mendapatkan hasil yang sesuai oleh standar dan mendapatkan kelayakan pada alat ini. Berikut adalah beberapa perhitungan tersebut.

##### 1. Perhitungan Dimensi Ruang oven

Dimensi ruang oven dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Tabel 1. Dimensi ruang oven

No.	T1 (cm)	T2 (cm)	P (cm)	L (cm)
1.	70	53	100	63

Volume oven :

$$L1 = \frac{1}{2} \times A \times T$$

$$L2 = P \times L$$

$$L1 = \frac{1}{2} \times 17 \times 63 = 5,355 \text{ m}^3$$

$$L2 = 100 \times 63 = 63 \text{ m}^3$$

$$V1 = L1 \times T = 535,5 \times 17 = 91,035 \text{ m}^3$$

$$V2 = L2 \times T$$

$$= 63 \times 100 = 63 \text{ m}^3$$

$$V = 91,035 + 63 = 154,035 \text{ m}^3$$

## 2. Perhitungan Beban Pemanasan

Perhitungan beban kalor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Tabel 2. suhu

No.	T1 (°C)	T2 (°C)	Ti (°C)	To (°C)	Vt (°C)
1	35	33	32	30	154,035 m <sup>3</sup>

a) Beban tranmisi kalor melalui alumunium foil sisi kanan

Diketahui :

suhu dinding luar(T1) =35°C

suhu dinding dalam(T2)= 33°C

suhu udara luar(Ti) = 32°C

suhu udara dalam (To)= 30°C

Luas plat = 64,95 m<sup>3</sup>

K besi = 73 W/m.C

K alumunium = 202 W/m.C

$\Delta x$  Alumunium = 1mm =  $1 \times 10^{-3}$ m

$\Delta x$  besi = 1.5mm =  $1.5 \times 10^{-3}$ m

$\Delta x$  total = 2,5mm =  $2,5 \times 10^{-3}$ m

Laju kalor pada dinding dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$Q/a = -kt_{total}\Delta t/\Delta x_{total} \quad (1)$$

$$Q/a = -275 \times -2^{\circ}\text{C}/2,5 \times 10^{-3}\text{m}$$

$$Q/a = 220.000 \text{ w/m}$$

Konveksi pada dinding luar:

$$Q/a = h_o(T_1 - T_i)$$

$$h_o = (q/a)/T_1 - T_i$$

$$h_o = 220.000/35-32$$

$$h_o = 73.333,33 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Konveksi pada dinding dalam:

$$Q/a = h_i(T_2 - T_o)$$

$$h_i = (q/a)/T_2 - T_o$$

$$h_i = 220.000/33-30$$

$$h_i = 73.333,33 \text{ w/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Koefisien perpindahan kalor keseluruhan:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{\Delta x_a}{k} + \frac{\Delta x_b}{k} + \frac{1}{h_o}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{73.333,33} + \frac{1}{202} + \frac{1,5}{73} + \frac{1}{73.333,33}}$$

$$U = 39,176$$

Beban transmisi kalor melalui sisi kanan:

$$Q_{kn} = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$$

$$Q_{kn} = 64,95 \times 39,176 \times 2$$

$$Q_{kn} = 5.088,96 \text{ kcal/jam}$$

Beban transmisi kalor melalui sisi kiri:

$$Q_{kr} = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$$

$$Q_{kr} = 64,95 \times 39,176 \times 2$$

$$Q_{kr} = 5.088,96 \text{ kcal/jam}$$

Beban transmisi kalor melalui sisi atas:

$$Q_{at} = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$$

$$Q_{at} = 60 \times 39,176 \times 2$$

$$Q_{at} = 4.701,12 \text{ kcal/jam}$$

Beban transmisi kalor melalui sisi bawah:

$$Q_{bw} = A_{dinding} \times \text{koefisien transmisi kalor} \times \Delta t$$

$$Q_{bw} = 60 \times 39,176 \times 2$$

$$Q_{bw} = 4.701,12 \text{ kcal/jam}$$

Total beban kalor:

$$Q_t = Q_{kn} + Q_{kr} + Q_{at} + Q_{bw}$$

$$Q_t = 5.088,96 + 5.088,96 + 4.701,12 + 4.701,12$$

$$Q_t = 19.580,16 \text{ kcal/jam}$$


#### 4.1 Pengujian Besar Temperatur Dan Lama Pemanasan Pada Cat

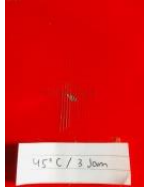



Pengujian pada pemanasan cat dengan menggunakan oven portabel maka pada tabel dibawah adalah hasil pengujian pemanasan pada cat yang akan di ukur suhu temperatur dan kelembapan pada ruang oven tersebut. Metode yang digunakan untuk pengujian daya lekat cat atau tes daya lekat cat salah satunya adalah crosscut.

Tes ini sering digunakan sebagai standar pengujian daya lekat untuk menentukan level produk cat. Cat Alkyd syntetic merupakan jenis cat yang memiliki tekstur kilap (gloss) tinggi yang digunakan sebagai cat finishing untuk interior dan eksterior. Memiliki kelebihan yaitu kuat dan tahan terhadap beragam cuaca. Pada umumnya, jenis cat ini digunakan sebagai pelapis permukaan besi dan kayu.

Adapun warna dan tipe untuk pengujian oven ini adalah merah (red) 222-2261 dan campuran 10% thinner jenis PU untuk mencairkan cat yang akan di semprotkan. Pencampuran thinner pada pengujian ini adalah sebanyak 10% dari jumlah takaran cat

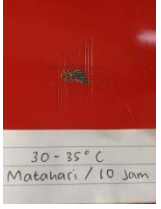
Tabel 3. Temperatur dan waktu pemanasan dalam oven selama 180 menit

Waktu (menit)	Temperatur (°C)	Ketebalan Cat (µm)	Hasil Sample Pengujian (crosscut)	Pengelupasan cat (%)	Penglupasan cat (%)
180	35	250		$= \frac{4}{10} \times 100$	40

180	45	250		$= \frac{2}{10} \times 100$	20
180	55	250		$= \frac{1}{10} \times 100$	10
180	65	250		$= \frac{0}{10} \times 100$	0
180	70	250		5% (Bubble)	5% (Bubble)

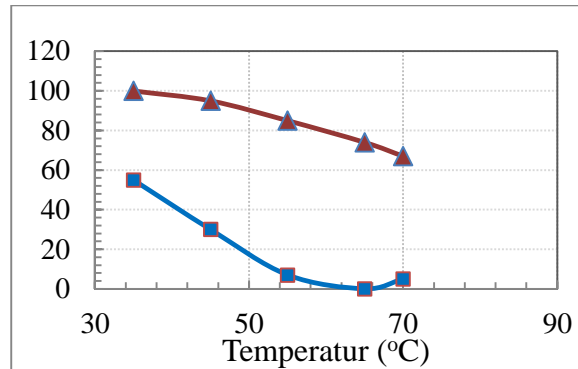
Dari tabel data diatas diketahui bahwa hasil pengujian pengaruh besar temperatur dan lama pemanasan 35-55°C selama 180 menit cat sudah kering dan pengelupasan nya sekitar 20-40%. Kemudian di suhu 65°C selama 180 menit cat sudah kering dan tampak mengkilap (*glossy*) pengelupasan nya 0%.Demikian di suhu 70°C selama 180 menit pengelupasan nya 0% akan tetapi cat timbul gelembung (*Bubble*) di permukaan cat, dikarenakan suhu dan lama pemanasan terlalu besar. Hasil dari pengujian dengan menggunakan cahaya matahari selama 600 menit ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Pemanasan dengan menggunakan cahaya matahari selama 10 jam

Waktu (menit)	Temperatur (°C)	Ketebalan Cat (µm)	Hasil Sample Pengujian (crosscut)	Pengelupasan cat (%)	Penglupasan cat (%)
600	31-35	250		$= \frac{6}{10} \times 100$	60

Dari tabel data diatas diketahui bahwa hasil pengujian pengaruh besar temperatur dan lama pemanasan 31-35°C selama 600 menit (10 jam) cat sudah kering namun sangat berdebu dan pengelupasannya sekitar 60%.





Gambar 4. Grafik temperatur dalam ruang oven

Dari keterangan grafik diatas pengujian besar temperatur dan lama pemanasan dapat disimpulkan bahwa suhu yang optimal dalam pengujian tersebut adalah di titik 65°C selama 180 menit.

## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian terhadap oven portabel yang di rancang, dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Ada beberapa material yang digunakan diantaranya besi plat dengan ketebalan 1,5mm ,alumunium foil 1mm dan besi hollow galvanis.
2. Sistem otomatis bekerja jika suhu ruang oven yang telah kita perlukan atau tentukan yang dimana besar dari temperatur yg optimal yaitu 65°C dalam waktu 180 menit.
3. Suhu yang optimal dalam pengujian tersebut adalah di titik 65°C selama 180 menit.
4. Memaksimalkan pekerjaan dari yang sehari penuh menjadi 3 jam untuk sekali repair bodi kendaraan.

### 5.2. Saran

Untuk menyempurnakan kekurangan dan mengembangkan riset oven portabel ini ,disarankan meakukan hal berikut :

1. Untuk riset selanjutnya di sarankan untuk perancangan desain alat harus lebih fleksible , sehingga dapat digunakan di semua sisi bagian bodi mobil yang akan di repair.
2. Menggunakan bodi mobil sungguhan untuk pengujian atau penerapan alat oven portabel ini.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Lestari , Andi, Darmawan, wayan dan Nandika, Dodi, 2016, Pengaruh Kondisi Permukaan terhadap Daya Lekat Lapisan Pelindung, Ilmu Teknol.
2. Said, S. R., 2011, Pengaruh Jenis Cat, Vol. 20.
3. Dwiwati, S. T., 2015, Pengaruh Kadar Hardener Terhadap Kualitas Produk Pengecatan
4. Kazuhiko, A., 2013, Perpindahan konduksi, konveksi dan radiasi
5. Holman J. P., 1997, Perpindahan kalor, Jakarta
6. Taufik, Muhammad, 20024, Pengaruh temperatur terhadap laju pengeringan
7. Siska Titik. 2015, Pengaruh Hardener Terhadap Kualitas Produk Pengecatan

8. Perry's Chemical, 1989, kurva psikometrik proses pengeringan, Handbook
9. Kreith, P., 1991, Prinsip-prinsip Perpindahan Panas, Erlangga
10. <https://farmasiindustri.com/cpob/cara-perhitungan-jumlah-pertukaran-udara-per-jam-dalam-area-bersih.html>.
11. <http://inspirasi mengecat.blogspot.com/2016/03/mengenai-tes-daya-lekat-cat.html>.
12. <https://scholar.google.co.id/citations?user=M-o79fAAAAJ&hl=en>.

## PERANCANGAN SISTEM INFORMASI *EVENT* KARANG TARUNA UJUNG MENTENG CAKUNG

Chairul Rizki<sup>1</sup>, Aji Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Dosen Program Studi Teknik Informatika, Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Karang taruna didirikan dengan berlandaskan kesejahteraan sosial, proses berjenjang dari petugas karang taruna kelurahan dimulai dari pendaataan anggota, pencatatan event hingga peminjaman gedung SKKT (Sasana Krida Karang Taruna) dilakukan masih sangat terbatas dan pencatatan masih berupa catatan buku. Keterbatasan ini menjadi hambatan yang perlu di carikan jalan keluarnya mengingat tingginya aktifitas yang dilakukan karang taruna membuat permasalahan tersebut harus segera di selesaikan. Berdasarkan masalah tersebut kami berupaya mengembangkan sebuah system informasi event karang taruna untuk mengakomodir permasalahan tersebut. Metodologi melalui studi literatur, survei dan wawancara kami gunakan untuk menampung permintaan dari user, sedangkan dalam pengembangan softwrenya kami menggunakan metode waterfall dengan diagram UML. Sistem ini dibangun berbasiskan web, beberapa tools yang kami gunakan diantaranya apache sebagai web server, HTML sebagai script view, PHP sebagai script logic, dan MYSQL sebagai basisdata. Hasil pengujian sistem yang dilakukan oleh pengurus menyimpulkan bahwa proses input dan output yang dihasilkan telah sesuai dengan permintaan dan berjalan dengan baik.*

**Kata kunci :** *UML, Web, Sistem Informasi Event*

### 1. PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Sosial Republik Indonesia NO: 77/HUK/2010 menjelaskan tentang karang taruna adalah kesejahteraan sosial. Organisasi sosial kemasyarakatan sejak awal sebuah Karang Taruna didirikan bukan untuk mencari keuntungan, akan tetapi tujuannya adalah untuk kesadaran dan tanggung jawab oleh dan masyarakat terutama generasi muda dimulai dari wilayah RW sampai kota terutama bergerak di bidang usaha kesejahteraan sosial.

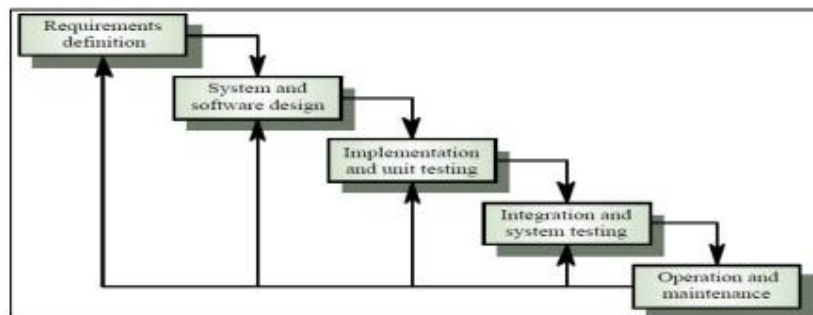
Diberbagai daerah, khususnya DKI Jakarta dan sekitarnya pasti ada banyak karang taruna. Dimana karang taruna tersebut system pendataannya masih menggunakan cara manual sehingga setiap humas unit karang taruna yang ingin melakukan mendataan anggota baru harus mengisi form lalu form tersebut disimpan oleh petugas karang taruna kelurahan. Sehingga masih terlalu beresiko apabila form tersebut hilang atau rusak. Lalu ada juga system peminjaman gedung SKKT (Sasana Krida Karang Taruna) yang masih dilakukan secara manual dan hanya dilakukan pada sebuah buku. sehingga apabila ingin merekap data peminjaman gedung bisa saja buku tersebut hilang atau rusak, sudah tidak ada salinan atau rekap dari buku tersebut.

Sistem ini bertujuan untuk memudahkan Karang Taruna dalam memproses data-data anggota baru, peminjaman gedung dari tiap unit karang taruna serta agenda kegiatan, dari para anggota unit karang taruna yang sudah mendaftar. Hal ini dapat meminimalisir adanya kemungkinan kehilangan form peminjaman gedung dan agenda kegiatan yang dilakukan secara manual.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan menggunakan pendekatan *Waterfall*. Dalam pengembangannya metode waterfall memiliki beberapa tahapan yang runtut: *requirement* (analisis kebutuhan), desain sistem (*system design*), *Coding & Testing*, Penerapan Program, pemeliharaan.

1. Requirement (analisis kebutuhan).  
Dalam fase ini penulis melakukan analisa kebutuhan, seperti mengumpulkan data-data yang dibutuhkan sebagai bahan untuk melakukan pembuatan aplikasi.
2. Desain Sistem (*Design system*)  
Dalam fase ini penulis membuat tampilan-tampilan layout sistem yang akan dibangun dalam aplikasi.
3. Penulisan Kode Program / Implementasi (*Coding & Testing*)  
Dalam fase ini penulis melakukan pembuatan aplikasi dengan menggunakan kode-kode program yang sesuai dengan tujuan awal yaitu dengan pemrograman web.
4. Penerapan / Pengujian Program (*Integration & Testing*)  
Dalam fase ini penulis melakukan pengujian apakah setelah dikerjakan ada kesalahan atau tidak.
5. Pemeliharaan (*Operation & Maintenance*)  
Dalam fase ini adalah dengan melakukan pengembangan dan pemeliharaan terhadap aplikasi, apakah nantinya ada kesalahan atau tidak.



Gambar 1. Diagram Metodologi *Waterfall*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng sebelumnya memang tidak memiliki sebuah aplikasi yang bisa menampung dan mengolah data anggota yang ada, karena selama ini pengelolaan datanya masih dilakukan penginputan secara manual. Dengan adanya aplikasi berbasis web ini diharapkan dapat membantu melakukan pendataan anggota Karang Taruna secara efektif, sehingga tidak perlu takut bahwa data akan hilang dan rusak.

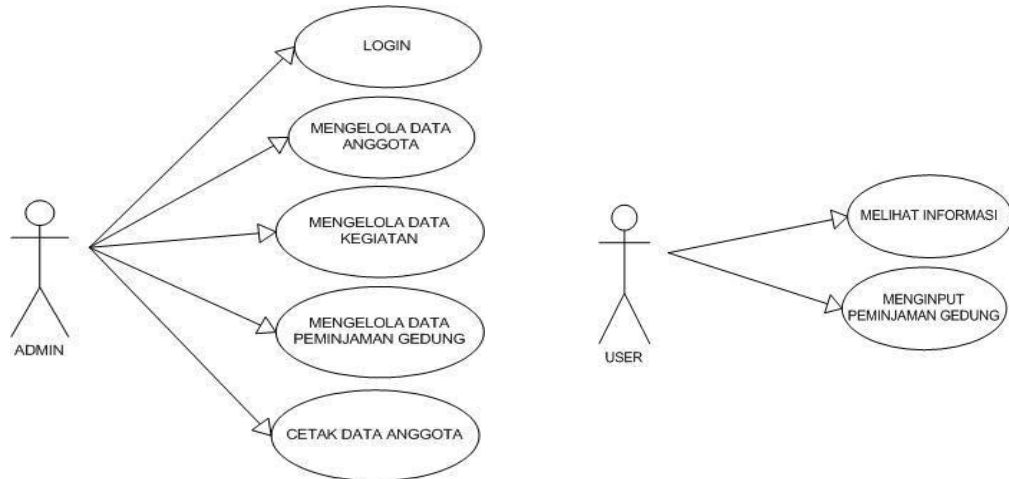
### Analisis sistem yang diusulkan

#### 3.1. Perancangan Software

Dari hasil pengamatan dan permintaan pengurus Karang Taruna, maka diperoleh sistem yang diinginkan :

1. Pendataan anggota Karang Taruna yang terkomputerisasi dengan baik, sehingga dapat memudahkan pengurus dalam melakukan penginputan dan pencarian data anggota baru maupun lama secara efektif.

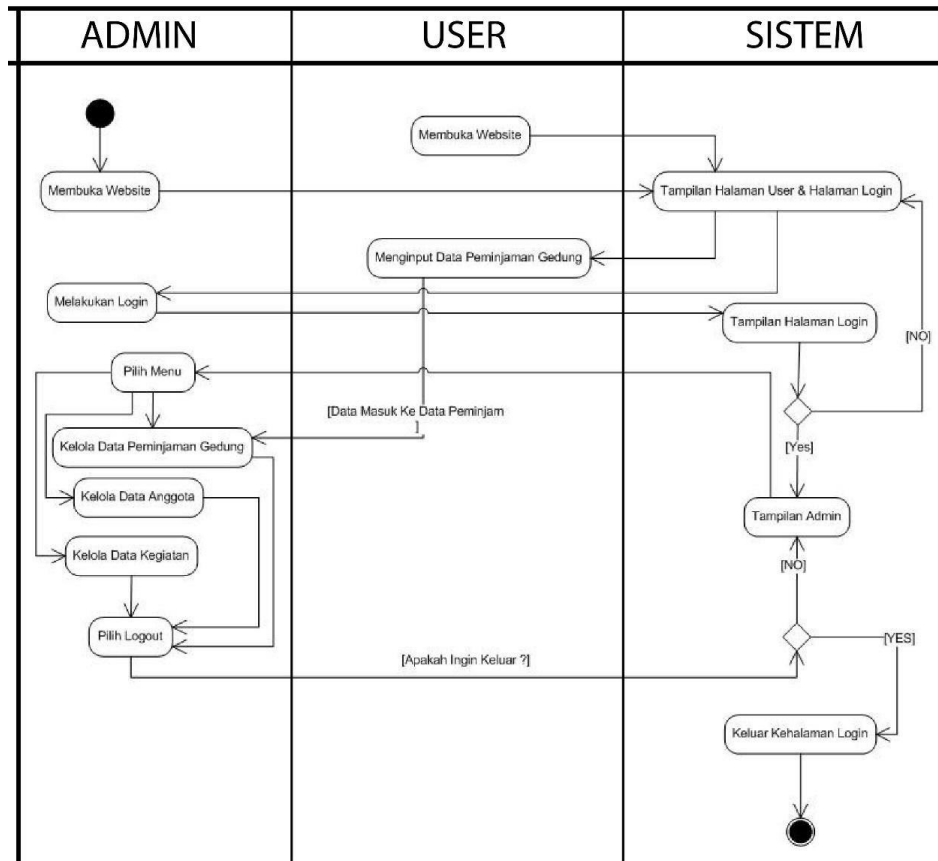
2. Dapat mencetak data diri anggota.



Gambar 2. Use case diagram admin dan user

Gambar 2 menjelaskan tentang bagaimana sistem yang dibuat hanya dapat diakses oleh Admin dan user, dimana admin dapat melakukan pengelolaan data-data anggota pada Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng, sedangkan hak akses pada user hanya bisa membaca data pada form pendataan anggota dan input peminjaman pada sistem Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng.

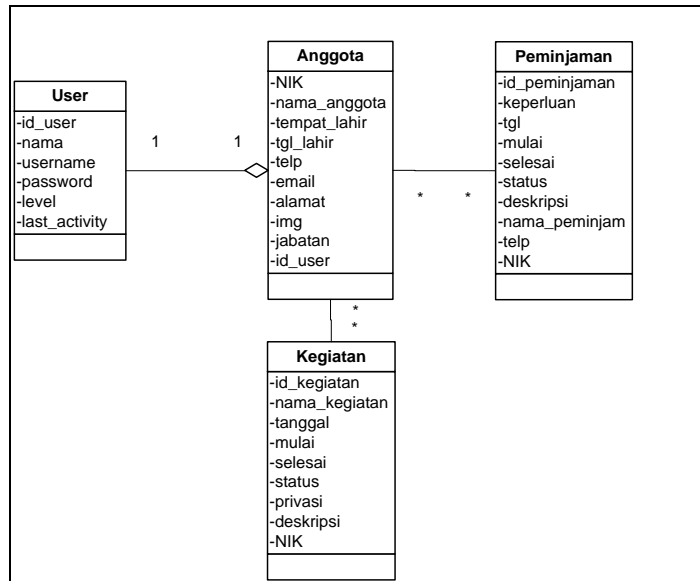
Pada gambar 3 *activity* diagram admin, dapat dilihat bahwa saat admin membuka sistem event dengan login kemudian admin akan langsung masuk kehalaman sistem admin, setelah login admin dapat menajemen peminjaman gedung, data anggota dan event (kegiatan), selanjutnya dari *activity* diagram user dapat dilihat bahwa user dapat memasukkan data peminjaman gedung.



Gambar 3. Activity Diagram Admin & User

Perancangan sistem informasi pendataan anggota berbasis web pada Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng memerlukan database untuk pengolahan data, distribusi data dan penyimpanan data. Perancangan database ini memiliki beberapa tabel yang di dalamnya terdapat beberapa field. Berikut merupakan rancangan database yang dibutuhkan untuk pembuatan Perancangan sistem informasi pendataan anggota berbasis desktop pada Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng.

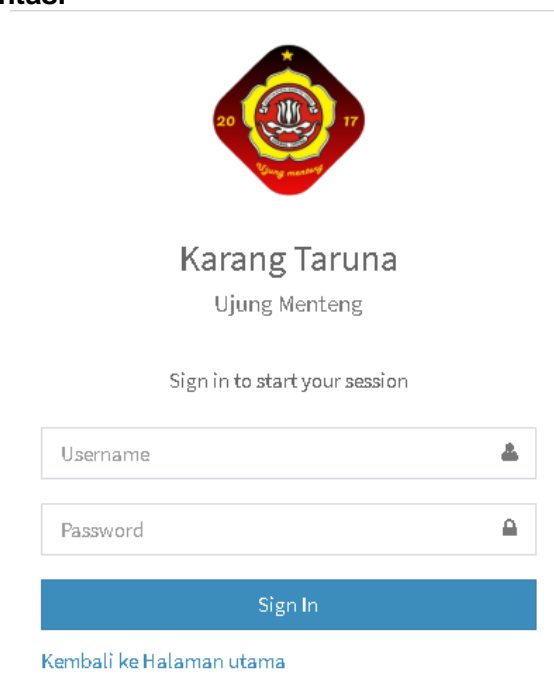
### 3.2. Perancangan Database



Gambar 4. Class Diagram Sistem

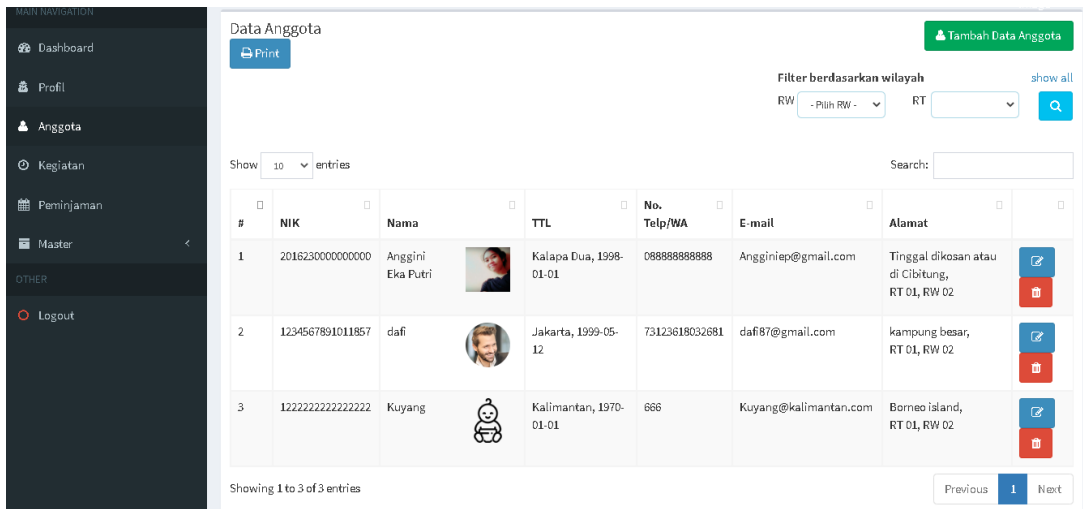
Gambar 4. merupakan relasi antar tabel dimana tabel – tabel tersebut saling berkaitan untuk memproses data-data yang diperlukan. Relasi tabel memudahkan dalam mencari data yang dibutuhkan jika dari tabel yang sudah ada.

### 3.3. Tahap Implementasi



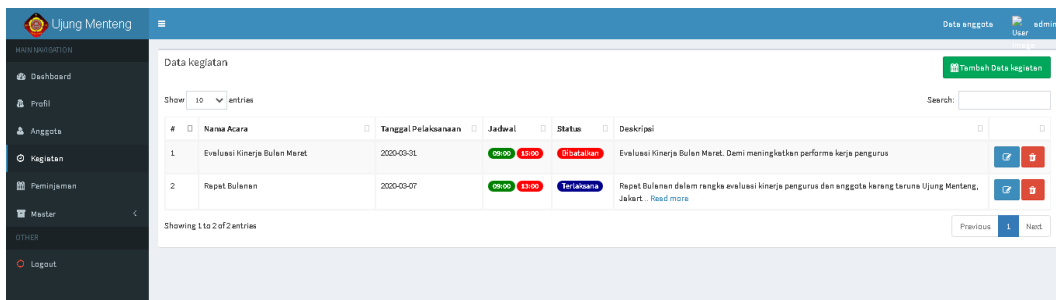
Gambar 5. Login admin

Gambar 5 adalah halaman login dimana admin harus menginputkan *username* dan *password* untuk login kedalam sistem.



Gambar 6. Halaman Manajemen Anggota

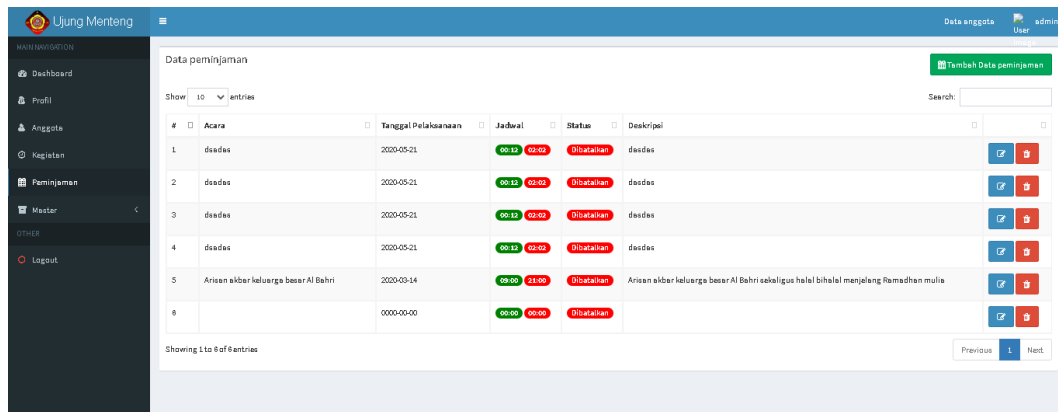
Gambar 6 merupakan tampilan halaman yang dapat digunakan admin untuk mengatur data anggota dan tambah anggota baru di Karang Taruna.



Gambar 7. Halaman Manajemen Kegiatan

Pada gambar 7 adalah tampilan halaman yang berisi mengenai data kegiatan dan tambah kegiatan baru di Karang Taruna yang hanya dilakukan oleh admin.





Gambar 8. Halaman Manajemen Peminjaman Gedung

Gambar 8 merupakan tampilan halaman yang berisi mengenai data peminjaman dan tambah peminjaman baru di Karang Taruna yang hanya dilakukan oleh admin.

### 3.4. Tahap Pengujian

Analisis hasil dari setiap form dalam aplikasi dilakukan dengan cara uji coba yang dilakukan oleh pembimbing lapangan selaku admin/pengurus. Program yang dibuat sesuai dengan apa yang diharapkan oleh pengurus Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng, untuk membantu mempermudah admin/pengurus dalam melakukan pendataan, kegiatan dan peminjaman gedung.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sistem

Nama Penguji	Jabatan	Bagian yang Diuji	Komentar
Rahmat Arifin	Pengurus	Pengujian Terhadap Proses Login	Menginput username dan password dalam proses login sudah berjalan dengan baik.
		Pengujian Terhadap Proses Input Data	Penyajian form input data sudah berjalan dengan baik
		Pengujian Terhadap Proses Edit dan Hapus Data	Fitur edit dan hapus data sudah berjalan dengan baik dan semestinya.
		Pengujian Terhadap Tombol Cetak	Semua tombol yang berfungsi untuk mencetak dokumen untuk print berjalan dengan baik dan dapat mencetak hasil dokumen yang diinginkan.

## 4. PENUTUP

### 4.1. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Implementasi sistem informasi pendataan dan kegiatan anggota Karang Taruna Kelurahan Ujung Menteng diawali dengan wawancara kebutuhan pengurus / admin Karang Taruna, kemudian dilanjutkan dengan perancangan tampilan keseluruhan lalu proses implementasi pengkodean berbasis web.
2. Berdasarkan pengujian yang dilakukan oleh petugas system ini berjalan baik dalam penyimpanan data anggota dan kegiatan yang baru baru, dan dapat melakukan penginputan data anggota baru dan kegiatan yang bisa dilakukan oleh admin. Sehingga memudahkan admin jika ingin memeriksa data kembali.

#### 4.2. SARAN

Saran yang diberikan untuk pengembangan berikutnya diantaranya :

1. Aplikasi ini dapat dikembangkan untuk lebih memudahkan pengguna misalnya dengan mempersiapkan versi mobile nya.
2. Informasi yang ditampilkan lebih lengkap lagi pada halaman user.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Madcoms, 2016, ***Pemograman PHP dan SQL untuk Pemula***, Andi Offset, Yogyakarta
2. Masnur, Muhammad, 2014, ***Pemograman Dinamis Dengan Database MySQL***, Andi, Jakarta
3. Munawar, 2005, ***Pemodelan Visual Dengan UML***, Graha Ilmu, Jakarta
4. Plew, Stephens, 2005, ***Basis Data***, Andi Offset, Yogyakarta
5. Peraturan Menteri Sosial Republik Indonesia NO: 77/HUK/2010
6. Tohani, Hamim, 2014, ***Analisis Serta Perancangan Sistem Informasi Melalui Pendekatan UML***, Andi Offset, Yogyakarta
7. Whitten, Jeffery L, 2004, ***System Analysis and Design Methods***, Edisi Internasional. Diterjemahkan oleh: Andi, Andi Offset, Yogyakarta

# IMPLEMENTASI ALGORITMA *FIRST COME FIRST SERVED* DAN HAVERSINE PADA APLIKASI PEMESANAN MAKANAN BERBASIS MOBILE

Suzuki Syofian<sup>1</sup>, Agam Aria Damar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Teknik Informatika, Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Universitas Darma Persada

## ABSTRAK

*Adanya kondisi pandemi yaitu virus covid-19 yang melanda seluruh pelosok dunia umumnya. Berdampak juga terhadap kondisi negara indonesia khususnya. Untuk itu pola dalam melaksanakan proses bisnis berubah dari konvensional ke dalam bentuk mobile, sehingga pasar yang menginginkan produk tertentu dapat dijangkau. Tentunya kemudahan dalam bertransaksi dengan pelanggan dibutuhkan aplikasi yang dapat membantu tujuan ini. Untuk dapat memudahkan pemilik dan pelanggan diperlukan integrasi keduanya. Pada penelitian ini bagaimana menerapkan dua algoritma Haversine dan FCFS untuk membantu dan menyajikan pemesanan makanan sehingga memudahkan pelanggan dan pemilik usaha dalam memantau pengiriman pesanan. Hasil dari penelitian ini berupa aplikasi mobile pemesanan makanan.*

**Kata Kunci** : *Haversine, FCFS, Mobile, Database*

## 1. PENDAHULUAN

Wabah virus covid-19 yang melanda Indonesia sejak Bulan Maret 2020 telah banyak membuat perekonomian di Indonesia mengalami kesulitan. Tidak hanya terbatas pada sektor wisata, manufaktur dan transportasi, namun sektor pangan juga mengalami kendala karena kurangnya daya beli masyarakat akibat wabah virus covid-19. Selain itu, wabah virus covid-19 dapat dengan mudah menular melalui kontak perantara antara satu orang dengan orang yang lainnya melalui perantara benda ataupun percikan air liur yang disebabkan karena adanya interaksi yang terlalu dekat.

Berbagai program telah dilakukan oleh pemerintah agar dapat mengantisipasi berbagai dampak buruk yang ditimbulkan oleh virus yang sudah menjangkit seluruh dunia ini. Salah satu upaya yang dilakukan agar perekonomian kembali tumbuh dengan tetap mengutamakan kesehatan masyarakat adalah dengan memanfaatkan kemajuan teknologi. Dengan adanya program transaksi berbasis teknologi, diharapkan dapat membuat roda perekonomian di Indonesia tetap berputar serta memutus mata rantai penyebaran virus-19.

Metode FCFS (*first come first served*) merupakan metode yang diterapkan pada aplikasi pemesanan ini. Pada metode ini, antrian pesanan pertama yang akan dilayani dan disajikan pertama, begitupun seterusnya. Dengan adanya penerapan sistem *mobile* yang menggunakan metode FCFS pada usaha kuliner rumahan, diharapkan dapat memberikan efisiensi waktu dan karyawan kepada pemilik usaha agar mampu mempertahankan bisnisnya selama wabah virus covid-19 serta memberikan kenyamanan kepada pelanggan karena dapat memantau pesanan tanpa harus keluar rumah.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Algoritma FCFS

Menurut (Agarwal & Jain, 2014) FCFS merupakan singkatan dari First Come First Served, algoritma ini ditujukan untuk pemrosesan paralel dengan waktu antrian tunggu terkecil dan dipilih dari data yang masuk terlebih dahulu.

### 2.2. Algoritma Haversine

Haversine adalah persamaan penting dalam sistem navigasi, nantinya formula haversine ini akan menghasilkan jarak terpendek antara dua titik, misalnya pada bola yang diambil dari garis bujur (*longitude*) dan garis lintang (*latitude*). Hukumnya adalah semua persamaan yang digunakan berdasarkan bentuk bumi yang bulat (*spherical earth*) dengan menghilangkan faktor bahwa bumi itu sedikit elips (*elipsoidal factor*). Ini merupakan kasus khusus dari formula umum dalam trigonometri bola yang berkaitan dengan sisi dan sudut segitiga bola.

### 2.3. Android

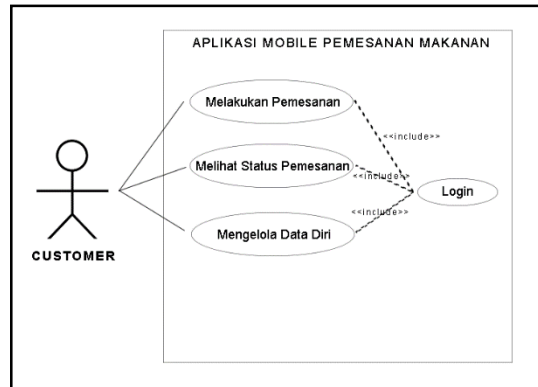
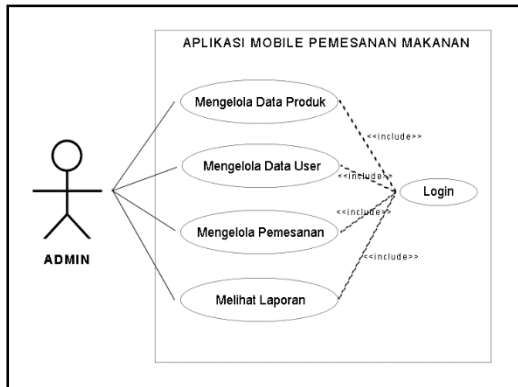
Android adalah sistem operasi yang dirancang untuk Smartphone dan beberapa Gadget. Karena Android yang bersifat open source ini menjadi favorit banyak konsumen dan pengembang. Untuk membantu pengembang untuk pengembangan perangkat lunak Android yang lebih baik, Android menyediakan perangkat pengembangan Perangkat Lunak Android (SDK) dengan Bahasa pemrograman Java untuk pengembangan aplikasi. (Singh, 2014).

## 3. ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Analisa perancangan aplikasi ini dibuat berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan pemilik usaha yang ada pada usaha olahan makanan rumah. Wawancara yang dilakukan meliputi sistem seperti apa yang dibutuhkan oleh karyawan untuk membantu proses pencatatan pemesanan. Analisis pertama yang dilakukan yaitu dari mekanisme sistem. Penilaian yang berjalan saat ini masih mencatat pada buku kemudian direkap hasilnya ke *excel* secara manual. Oleh karena itu pemilik usaha membutuhkan sistem informasi yang dapat memudahkan dan merekam segala pemesanan produk oleh pelanggan agar lebih tertata dengan baik dan dapat memaksimalkan kinerjanya ke setiap staff.

### 3.1. Use Case Diagram

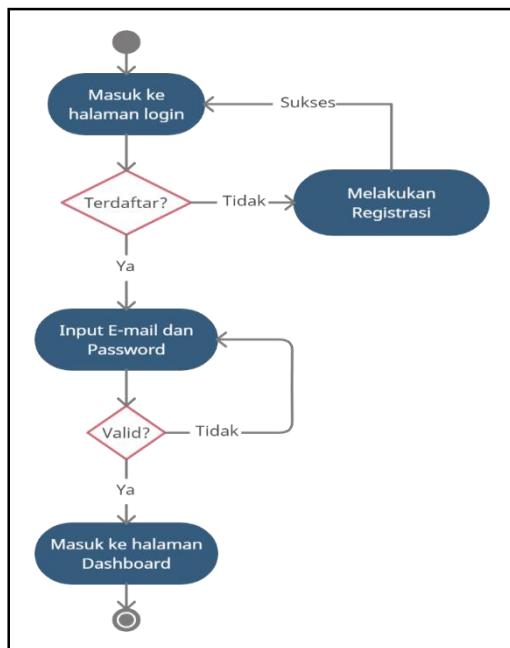
*Use Case Diagram* ini diperuntukkan atau digunakan untuk mendeskripsikan sebuah interaksi antara satu atau lebih *actor* dengan sistem dan untuk mengetahui fungsi apa saja yang ada di dalam sebuah aplikasi dan siapa saja yang berhak menggunakan fungsi-fungsi tersebut. Untuk lebih jelas merujuk pada gambar 1. berikut.



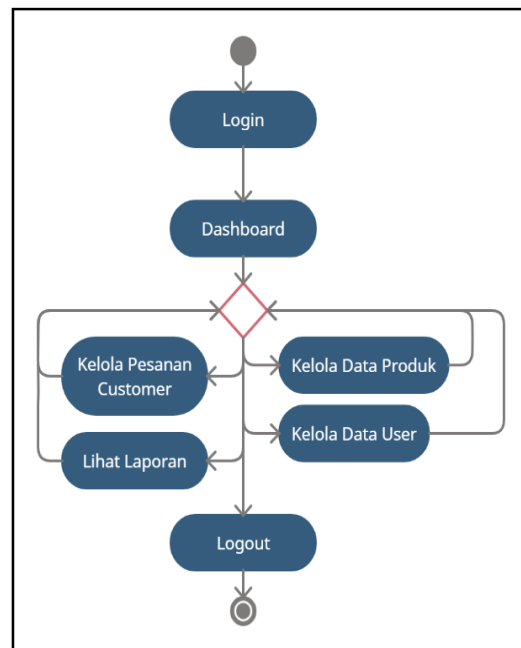
Gambar 1. Use Case Diagram Admin

Gambar 2. Use Case Diagram Customer

Activity Diagram digunakan menggambar *workflow* (aliran kerja) atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses bisnis atau menu yang ada pada perangkat lunak yang digambarkan secara grafis dengan *Activity Diagram*.

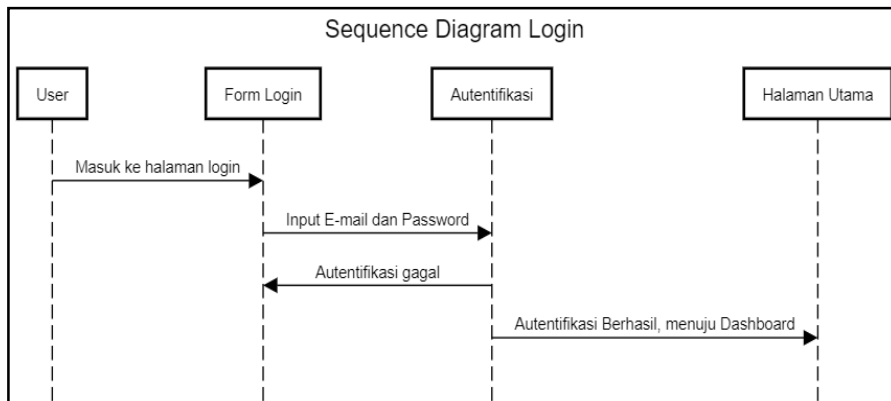


Gambar 3. Activity Diagram Login

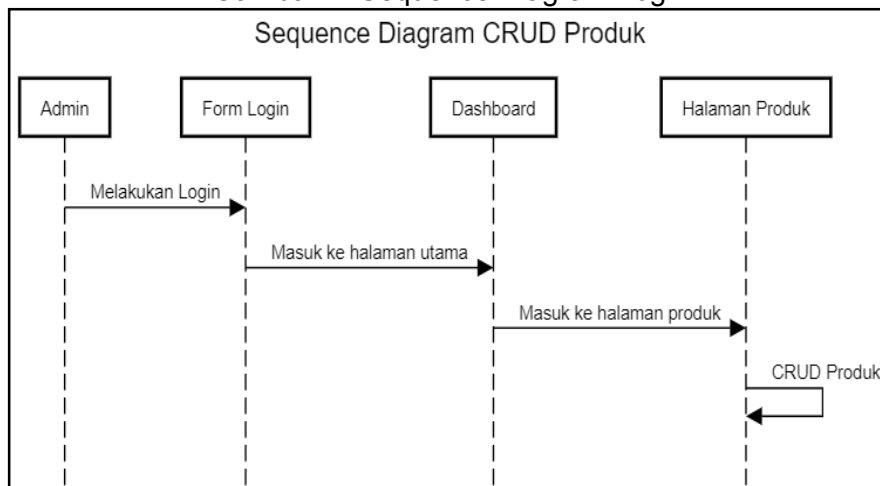


Gambar 3 Activity Diagram Admin

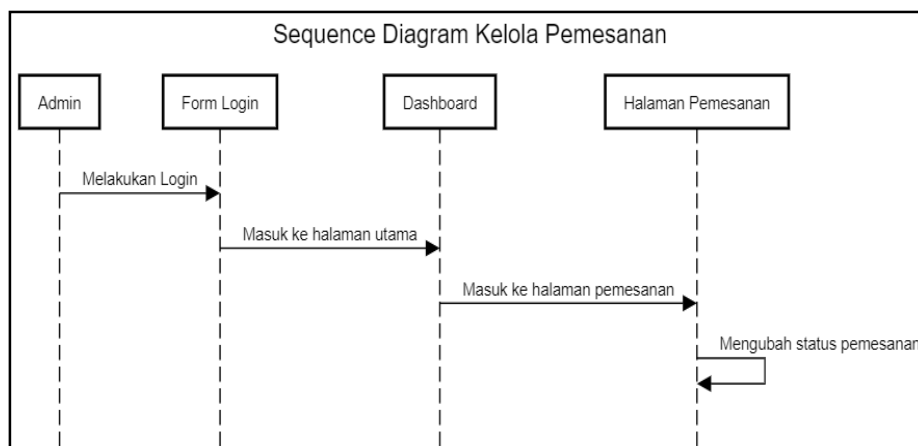
*Sequence diagram* adalah suatu diagram yang menggambarkan interaksi antar obyek dan mengindikasikan komunikasi diantara obyek-obyek tersebut. Diagram ini juga menunjukkan serangkaian pesan yang dipertukarkan oleh obyek-obyek yang melakukan suatu tugas atau aksi tertentu. Obyek-obyek tersebut kemudian diurutkan dari kiri ke kanan, aktor yang menginisiasi interaksi biasanya ditaruh di paling kiri dari diagram. Bell, D. (2003).



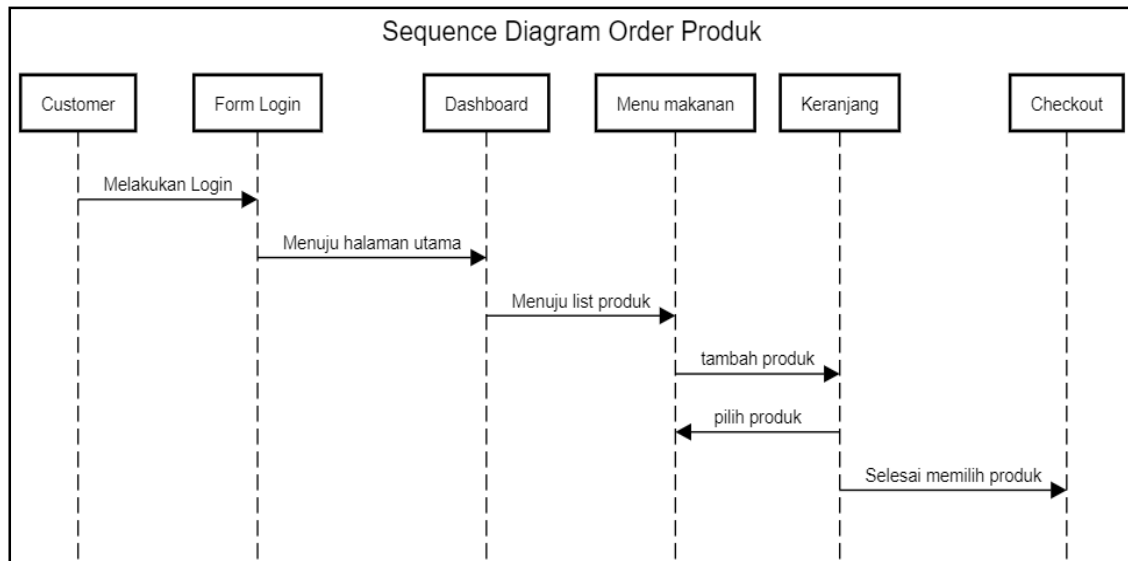
Gambar 4. Sequence Diagram Login



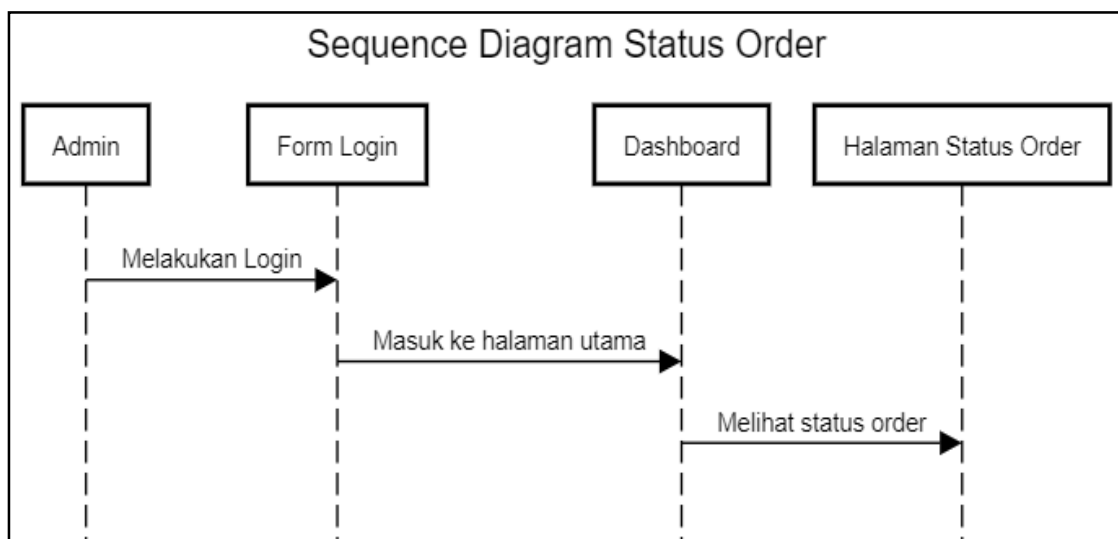
Gambar 5. Sequence Diagram CRUD Produk



Gambar 8. Sequence Diagram Kelola Pemesanan



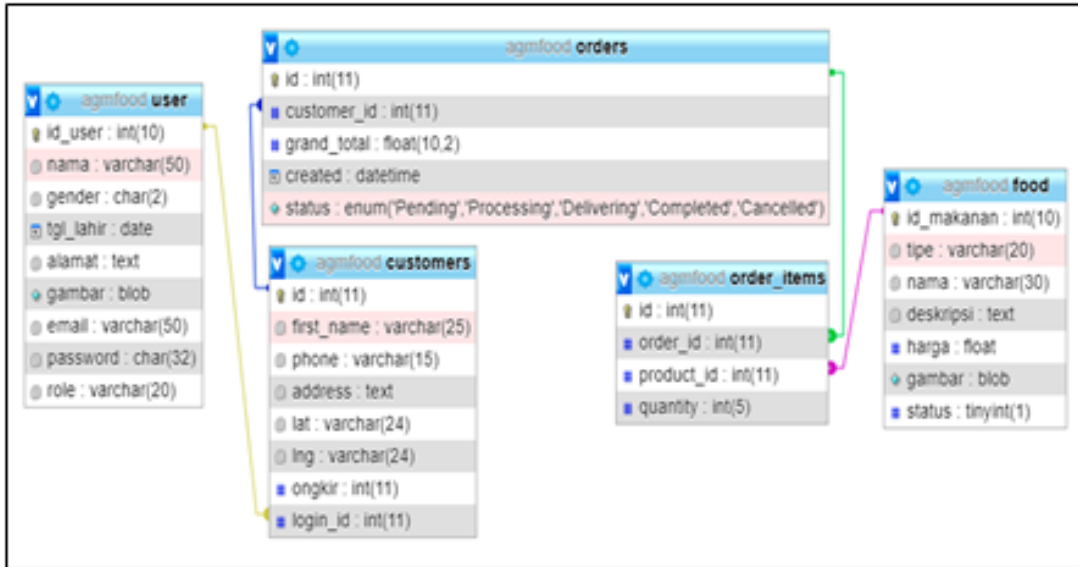
Gambar 9. Sequence Diagram Order Produk



Gambar 10. Sequence Diagram Status Order

**Perancangan Database  
Relasi Antar Tabel**

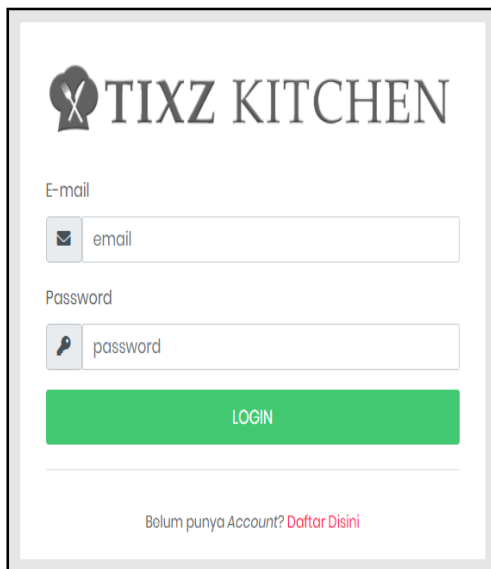
Dari tabel-tabel yang dibuat dapat dilihat relasinya sebagai berikut:



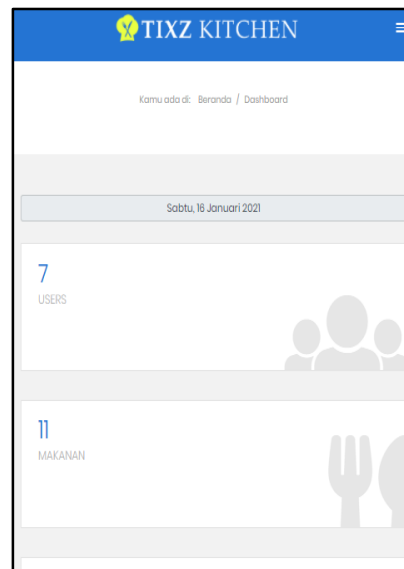
Gambar 61. Relasi Antar Tabel

**4. IMPLEMENTASI SISTEM**

Ketika pertama kali membuka aplikasi, *user* akan diarahkan ke halaman *login* terlebih dahulu. Ketika sudah berhasil *login* dengan level akses Admin. Maka *user* akan diarahkan ke halaman admin. Setelah dimasukkan email dan password akan menampilkan halaman dashboard.



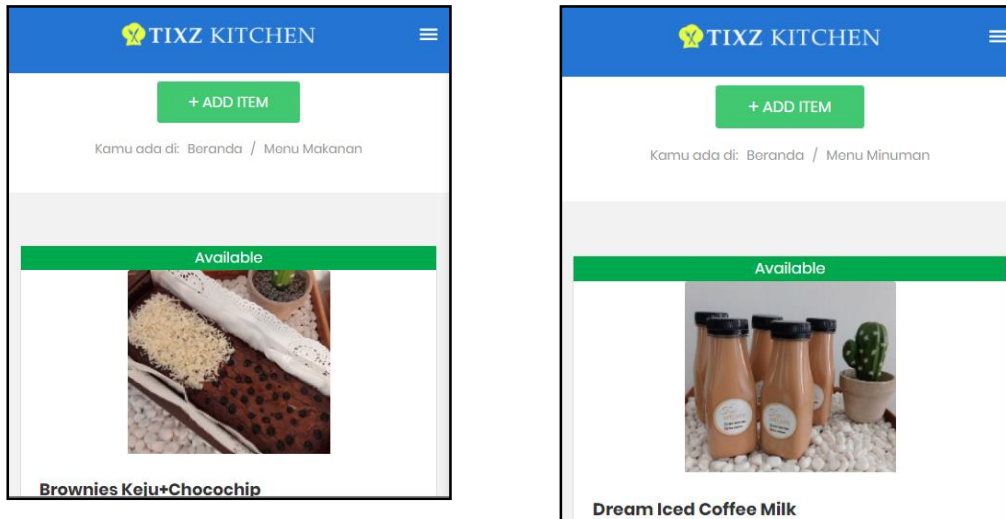
Gambar 12. Halaman Login



Gambar 13. Halaman Admin -  
*Dashboard*

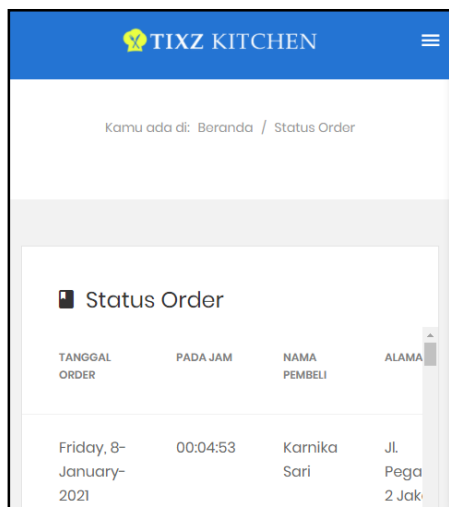


Admin dapat melakukan *Create, Read, Update, Delete* dengan tipe produk makanan.

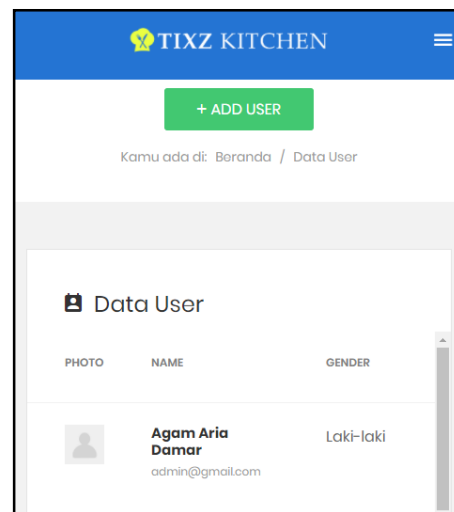


Gambar 14. Halaman Admin - Menu Makanan

Tampilan pada gambar 15 berikut admin dapat mengelola status pemesanan yang sudah dilakukan oleh customer, algoritma FCFS digunakan di halaman ini untuk mengurutkan data berdasarkan waktu pemesanan oleh *customer*.

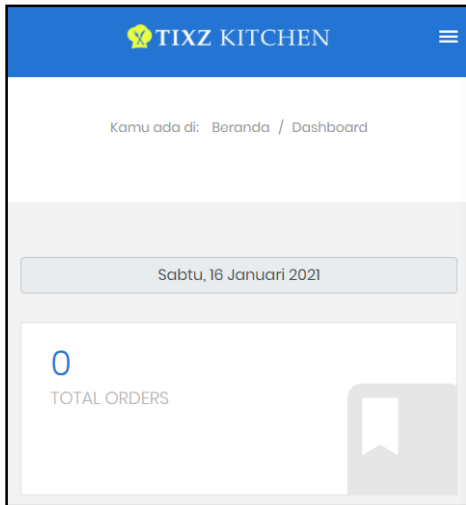


Gambar 15. Halaman Admin - Riwayat Pemesanan

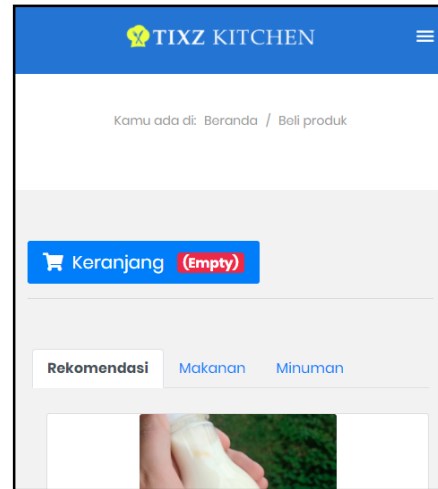


Gambar 16. Halaman Admin - Data User

Ketika sudah berhasil login dengan level akses *Customer*. Maka *user* akan diarahkan ke halaman *customer*. Pada halaman beli produk, *Customer* dapat memilih produk makanan/minuman yang diinginkan.

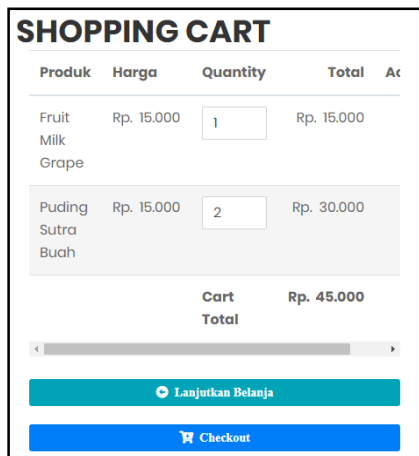


Gambar 17. Halaman *Customer - Dashboard*

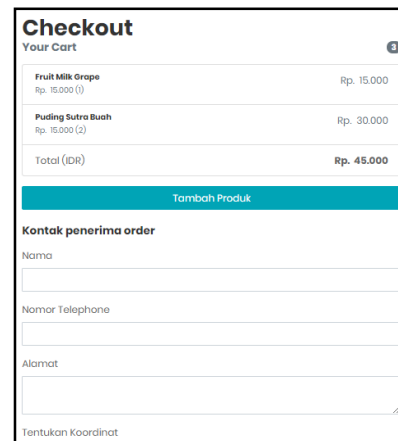


Gambar 18. Halaman *Customer - Beli Produk*

Terlihat seperti pada gambar 19 dan 20 Setelah *customer* memilih produk yang akan dibeli, maka produk akan masuk ke halaman keranjang. Apabila *customer* sudah selesai memilih produk. Dilanjut ke halaman checkout. Pada halaman ini, *customer* mengisi data penerima produk yang telah dibeli, dan menentukan titik koordinat tujuan. Untuk halaman ini, Algoritma Haversine digunakan untuk menghitung ongkos kirim.



Gambar 19. Halaman *Customer - Keranjang*



Gambar 20. Halaman *Customer - Checkout*

#### 4.1 Pengujian Aplikasi

Aplikasi mobile diuji pada Device Android dengan spesifikasi dan hasil pengujian sebagai berikut : Fungsi tersebut diuji dengan mendapatkan titik latitude,longitude lalu fungsi dijalankan. Hasil analisa dapat diketahui pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil Analisa

Tempat	Latitude	Longitude
Toko	-6.192450152906034	106.98838840118373
Tempat Tujuan	-6.220354311438157	106.91867640787888
	Haversine (KM)	<b>8 KM</b>
	Jarak × Ongkir	8 × 1500 = 12000
	<b>Total Harga Ongkir</b>	<b>Rp. 12.000</b>

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan metode Haversine pada aplikasi untuk menemukan titik koordinat antara pihak toko dan pihak pembeli dengan menggunakan markah pada peta sesuai petunjuk penggunaannya.
2. Pada daftar pesanan pembeli pada aplikasi, FCFS menjadi solusi untuk mengatur urutan pesanan pelanggan yang datang terlebih dahulu akan diproses.
3. Aplikasi menggunakan metode Haversine dan FCFS dapat digunakan untuk mengelola jarak tempuh dan urutan pelayanan pemesanan makanan pelanggan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Agarwal, D. A., & Jain, S, 2014, ***Efficient Optimal Algorithm of Task Scheduling in Cloud Computing Environment***, International Journal of Computer Trends and Technology, 9(7), 344–349. <https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v9p163>
2. Bell, D, 2003, ***UML basics : An introduction to the Unified Modeling Language A little background. Rational Software***, 1–11. Retrieved from [http://www.therationaledge.com/content/jun\\_03/f\\_umlintro\\_db.jsp](http://www.therationaledge.com/content/jun_03/f_umlintro_db.jsp)
3. Singh, R, 2014, ***An Overview of Android Operating System and Its Security Features***, Engineering Research and Applications, 4(2), 519–521.
4. Walia, S., & Gill, S, 2014, ***A Framework for Web Based Student Record Management System using PHP***, International Journal of Computer Science and Mobile Computing ISSN 2320–088X, 3(8), 24–33. Retrieved from [https://pdfs.semanticscholar.org/f5e1/b5d218431f89d5ecb05e7d2e23892cfaf042.pdf?\\_ga=2.4884785.364962908.1574432524-89530086.1569769324](https://pdfs.semanticscholar.org/f5e1/b5d218431f89d5ecb05e7d2e23892cfaf042.pdf?_ga=2.4884785.364962908.1574432524-89530086.1569769324)
5. Wang, H.-Y., Liao, C., & Yang, L.-H, 2013, ***What Affects Mobile Application Use? The Roles of Consumption Values***, International Journal of Marketing Studies, 5(2), 11–22. <https://doi.org/10.5539/ijms.v5n2p11>
6. Whitten, Jeffrey L., Lonnie D. Bentley, and K. C. D, 2000, ***Systems Analysis and Design Methods***, 5<sup>th</sup> edition.

## DAFTAR PUSTAKA

Agarwal, D. A., & Jain, S. (2014). Efficient Optimal Algorithm of Task Scheduling in

- Cloud Computing Environment. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 9(7), 344–349. <https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v9p163>
- Bell, D. (2003). UML basics : An introduction to the Unified Modeling Language A little background. *Rational Software*, 1–11. Retrieved from [http://www.therationaledge.com/content/jun\\_03/f\\_umlintro\\_db.jsp](http://www.therationaledge.com/content/jun_03/f_umlintro_db.jsp)
- Singh, R. (2014). An Overview of Android Operating System and Its Security Features. *Engineering Research and Applications*, 4(2), 519–521.
- Walia, S., & Gill, S. (2014). A Framework for Web Based Student Record Management System using PHP. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing ISSN 2320-088X*, 3(8), 24–33. Retrieved from [https://pdfs.semanticscholar.org/f5e1/b5d218431f89d5ecb05e7d2e23892cfaf042.pdf?\\_ga=2.4884785.364962908.1574432524-89530086.1569769324](https://pdfs.semanticscholar.org/f5e1/b5d218431f89d5ecb05e7d2e23892cfaf042.pdf?_ga=2.4884785.364962908.1574432524-89530086.1569769324)
- Wang, H.-Y., Liao, C., & Yang, L.-H. (2013). What Affects Mobile Application Use? The Roles of Consumption Values. *International Journal of Marketing Studies*, 5(2), 11–22. <https://doi.org/10.5539/ijms.v5n2p11>
- Whitten, Jeffrey L., Lonnie D. Bentley, and K. C. D. (2000). *Systems Analysis and Design Methods 5e*.

## RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI *PRESALES* SUKU CADANG PADA CV. DAMAR PUTRA TEKNIK

Endang Ayu S<sup>1</sup>, Noor Alisya Putri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Sistem Informasi Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Jurusan Sistem Informasi Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*CV. Damar Putra Teknik adalah sebuah perusahaan yang menjual berbagai macam barang suku cadang untuk alat-alat berat atau peralatan penanganan pesawat saat berada di bandara. Presales merupakan kegiatan yang dilakukan oleh CV. Damar Putra Teknik untuk memastikan kebutuhan barang yang akan di order oleh customer dapat sesuai dengan ketersediaan barang yang di pasok oleh pabrik, atau distributor.*

*Masalah yang dihadapi adalah harga yang tiba-tiba berubah dari pihak distributor setelah adanya kesepakatan dengan perusahaan. Kemudian adanya perubahan, seperti penambahan jumlah barang dari customer, sehingga inquiry yang sudah dibuat dan quotation yang sudah diterbitkan harus diubah dan pihak perusahaan harus melakukan inquiry kembali ke distributor untuk perubahannya. Hal ini membuat penerbitan quotation menjadi lebih lama. Oleh karena itu, untuk menghadapi permasalahan tersebut salah satu caranya adalah dengan membuat aplikasi untuk presales berbasis website yang memudahkan dalam membuat inquiry dan quotation.*

*Metode pengembangan sistem yang digunakan untuk sistem informasi presales barang suku cadang adalah metode agile. Tahapan-tahapan dalam metode agile terdiri dari perencanaan, implementasi, tes perangkat lunak, dokumentasi, deployment, pemeliharaan. Hasil Rancang Bangun yang berupa aplikasi diharapkan dapat membantu pihak Perusahaan untuk melakukan proses presales yang meliputi inquiry dan penerbitan quotation.*

**Kata Kunci:** *Agile, Inquiry, Presales, Quotation.*

### 1. PENDAHULUAN

CV. Damar Putra Teknik adalah sebuah perusahaan yang menjual berbagai macam barang suku cadang untuk alat-alat berat atau peralatan penanganan pesawat saat berada di bandara. Barang yang dijual merupakan barang yang tidak *ready stock*. Tahap awal dalam penawaran barang ke customer adalah dilakukan proses *presales*. *Presales* merupakan kegiatan yang dilakukan oleh CV. Damar Putra Teknik untuk memastikan kebutuhan barang yang akan di order oleh customer dapat sesuai dengan ketersediaan barang yang di pasok oleh pabrik, atau distributor.

Masalah yang dihadapi adalah harga yang tiba-tiba berubah dari pihak distributor setelah adanya kesepakatan dengan perusahaan. Kemudian adanya perubahan, seperti penambahan jumlah barang dari customer, sehingga *inquiry* yang sudah dibuat dan *quotation* yang sudah diterbitkan harus diubah dan pihak perusahaan harus melakukan inquiry kembali ke distributor untuk perubahannya. Hal ini membuat penerbitan *quotation* menjadi lebih lama, Untuk itu di Rancang aplikasi *Presales* yang

diharapkan dapat membantu pihak Perusahaan untuk melakukan proses presales yang meliputi *inquiry* dan penerbitan *quotation*.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1.1. Metode Pengumpulan Data

#### a. Observasi

Kegiatan ini dilakukan dengan melihat langsung proses dan kegiatan bisnis yang berjalan pada CV. Damar Putra Teknik.

#### b. Wawancara

Wawancara ini dilakukan tanya – jawab dengan pemilik CV. Damar Putra Teknik.

#### c. Studi Pustaka`

Studi pustaka ini dilakukan melalui buku referensi dan situs internet yang dapat dijadikan acuan pembahasan dalam masalah ini.

### 1.2. Metodologi Pengembangan Sistem

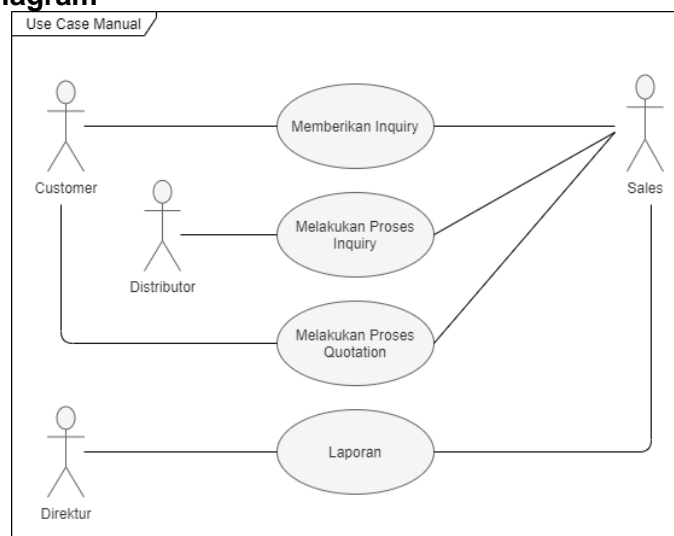
Metodologi yang digunakan untuk sistem informasi *presales* barang suku cadang menggunakan metode *Agile*. Tahapan-tahapan dalam metode *Agile*, yaitu sebagai berikut :

1. Perencanaan. Pengembang dan klien membuat rencana mengenai kebutuhan dari perangkat lunak yang akan dibuat.
2. Implementasi. dilakukan pengkodean perangkat lunak.
3. Tes Perangkat Lunak. Dilakukan testing aplikasi yang telah selesai dibuat.
4. Dokumentasi. Dilakukan pengarsipan dari pengembangan system dan pengembangan perangkat lunak
5. Deployment. Implementasi perangkat lunak.
6. Pemeliharaan. Pemeliharaan agar perangkat lunak secara berkala.

## 2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

### 2.1. Analisa Sistem

### 2.2. Use Case Diagram



Gambar 1. Use Case Diagram Sistem berjalan

2.3. Skenario

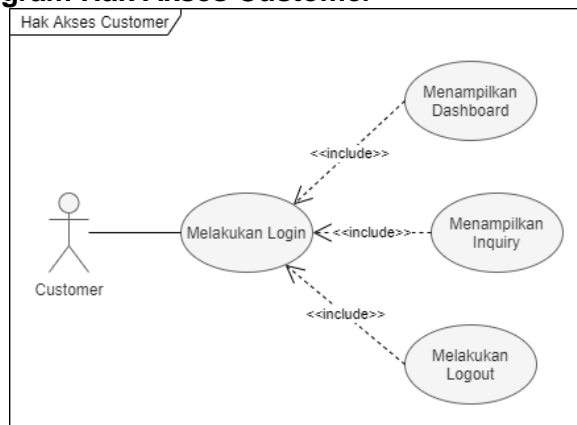
Tabel 1. Skenario Use Case Memberikan Inquiry

Nama Use Case : Memberikan Inquiry	UniqueID : 1
Area : Customer, Sales	
Aktor : Customer, Sales	
Deskripsi : Customer Memberikan Inquiry kepada Sales.	
Langkah Pertama	Informasi
1. Customer memberikan inquiry	Berupa informasi tentang inquiry
2. Sales menerima dan melihat inquiry	Berupa informasi tentang inquiry
Pra Kondisi : Customer memberikan inquiry	
Post Kondisi : Sales menerima inquiry	
Asumsi : Inquiry dapat diterima	
Jaminan Sukses : Mendapatkan inquiry yang jelas dan lengkap	
Minimum Jaminan : Mendapatkan inquiry yang tidak lengkap	
Prioritas : Tinggi	
Resiko : Tinggi	

3. Perancangan Sistem

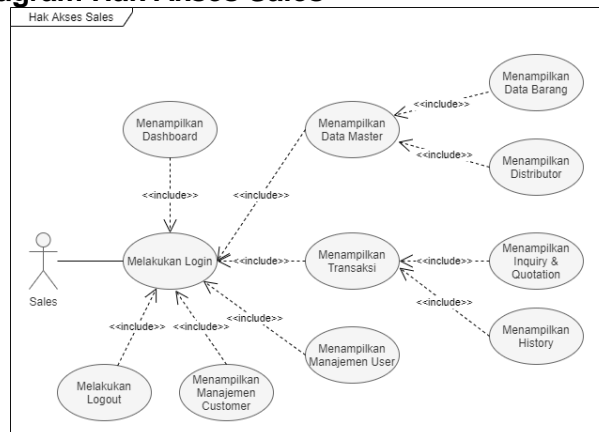
3.1. Use Case Diagram Sistem Usulan

3.1.1. Use Case Diagram Hak Akses Customer



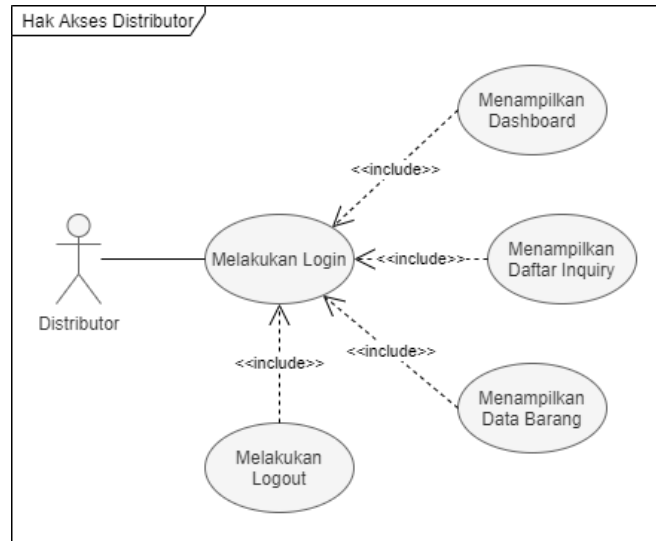
Gambar 2. Use Case Diagram Hak Akses Customer

3.1.2. Use Case Diagram Hak Akses Sales



Gambar 3. Use Case Diagram Hak Akses Sales

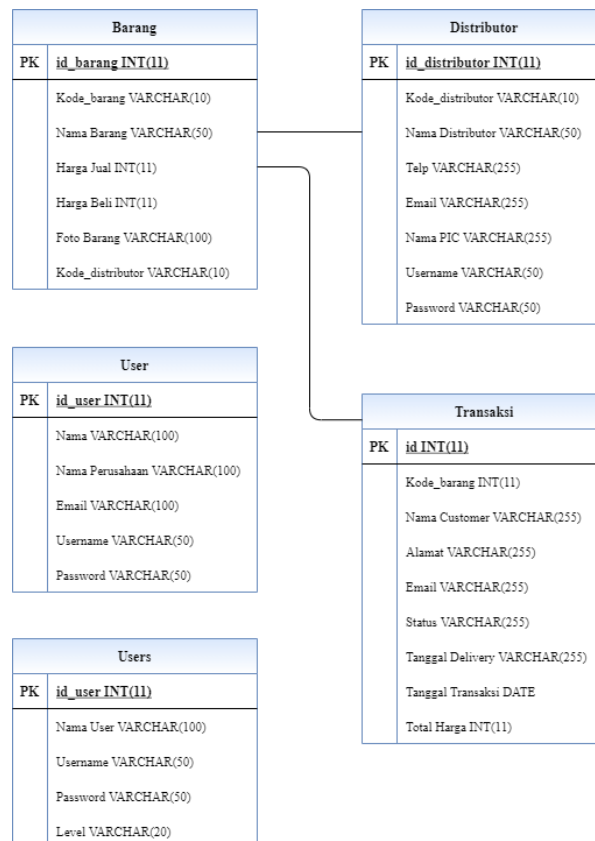
### 3.1.3. Use Case Diagram Hak Akses Distributor



Gambar 4. Use Case Diagram Hak Akses Distributor

## 3.2. Rancangan Basis Data

### 3.2.1. ERD (Entity Relationship Diagram)



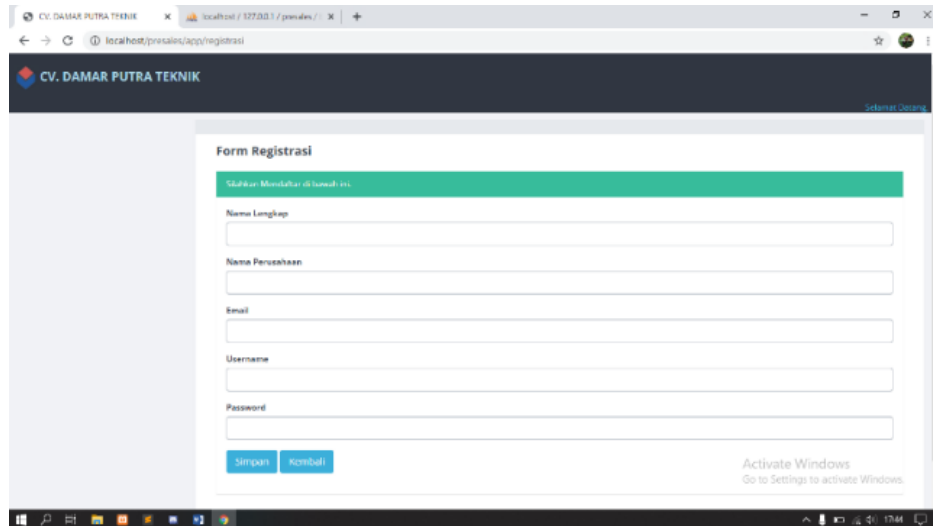
Gambar 5. Entity Relationship Diagram



## 4. HASIL RANCANG BANGUN

### 4.1. Tampilan Hak Akses Customer

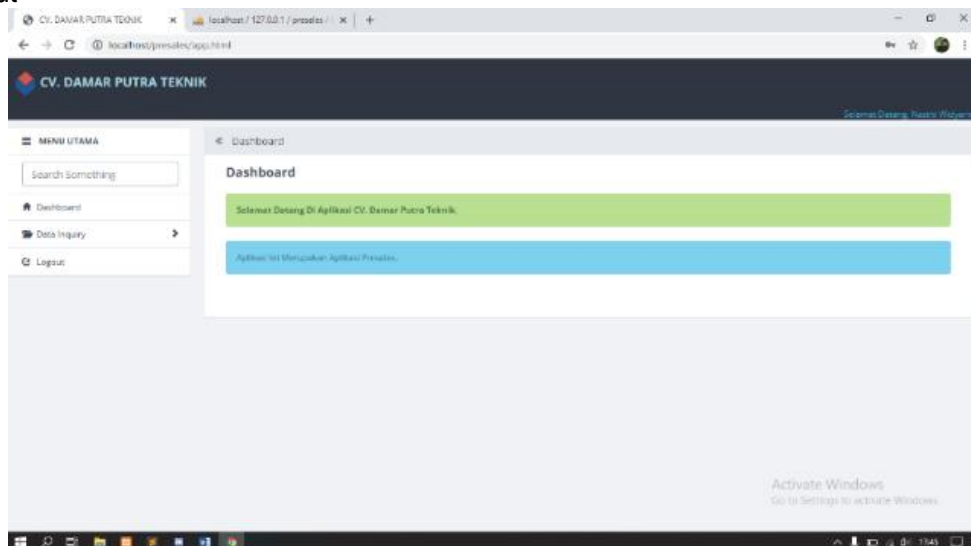
Pada halaman ini berisi form registrasi untuk membuat akun baru.



Gambar 6. Tampilan Halaman Form Registrasi

#### 4.1.1. Tampilan Halaman Dashboard Customer

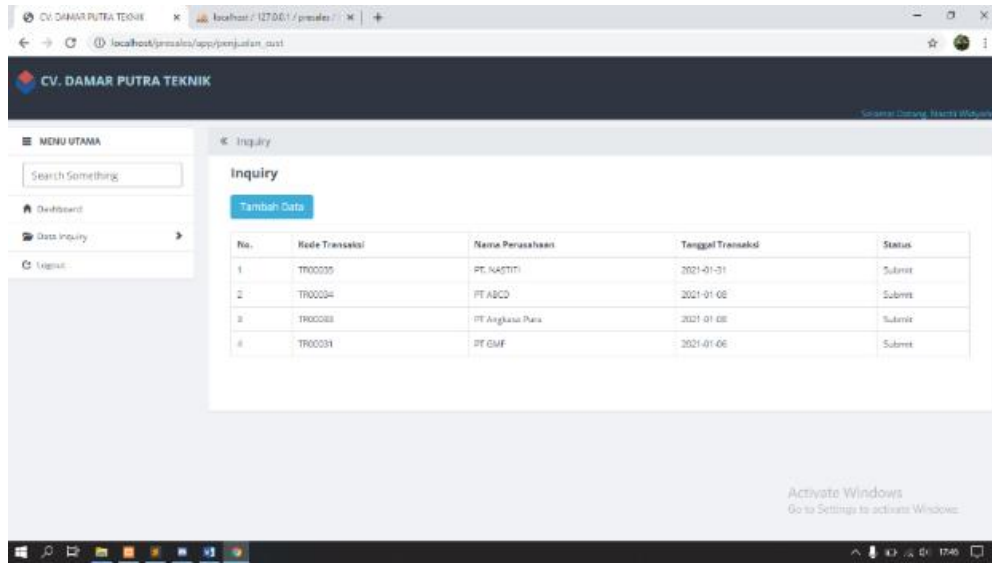
Pada halaman Dashboard Customer ini merupakan bagian awal tampilan web ketika Customer berhasil login. Pada halaman ini terdapat menu Data *Inquiry* dan Logout



Gambar 7. Tampilan Halaman Dashboard Customer

#### 4.1.2. Tampilan Halaman *Inquiry* Customer

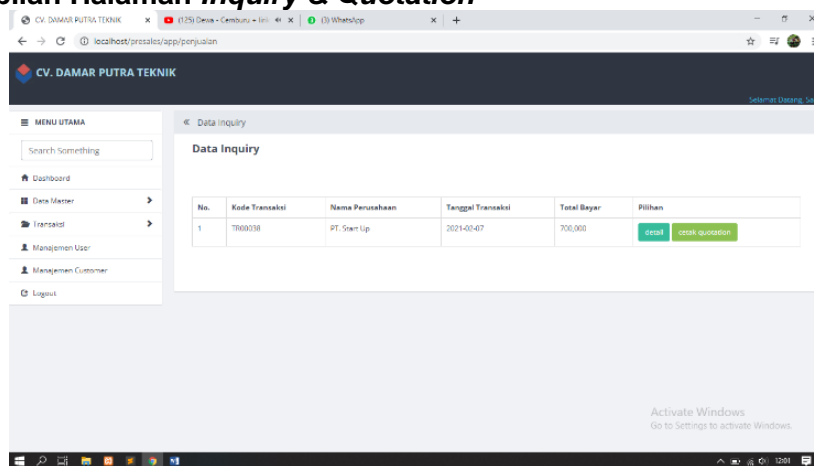
Pada halaman Inquiry terdapat No, Kode Transaksi, Nama Perusahaan, Tanggal Transaksi, dan Status. Dalam menu Inquiry bisa menambahkan inquiry baru dengan klik button Tambah Data.



Gambar 8. Tampilan Halaman Inquiry Customer

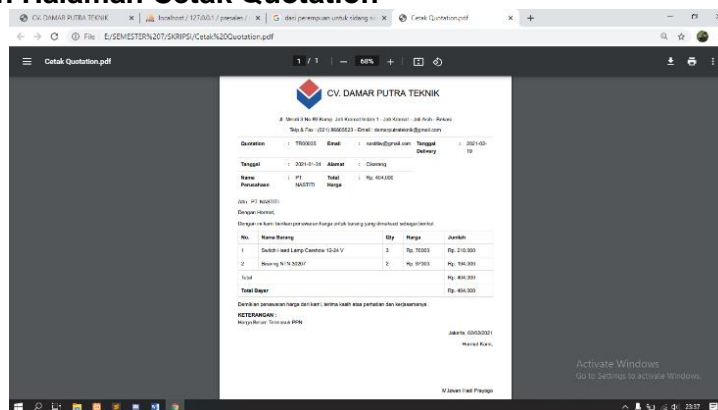
## 4.2. Hak Akses Sales

### 4.2.1. Tampilan Halaman *Inquiry & Quotation*



Gambar 9. Tampilan halaman Inquiry & Quotation

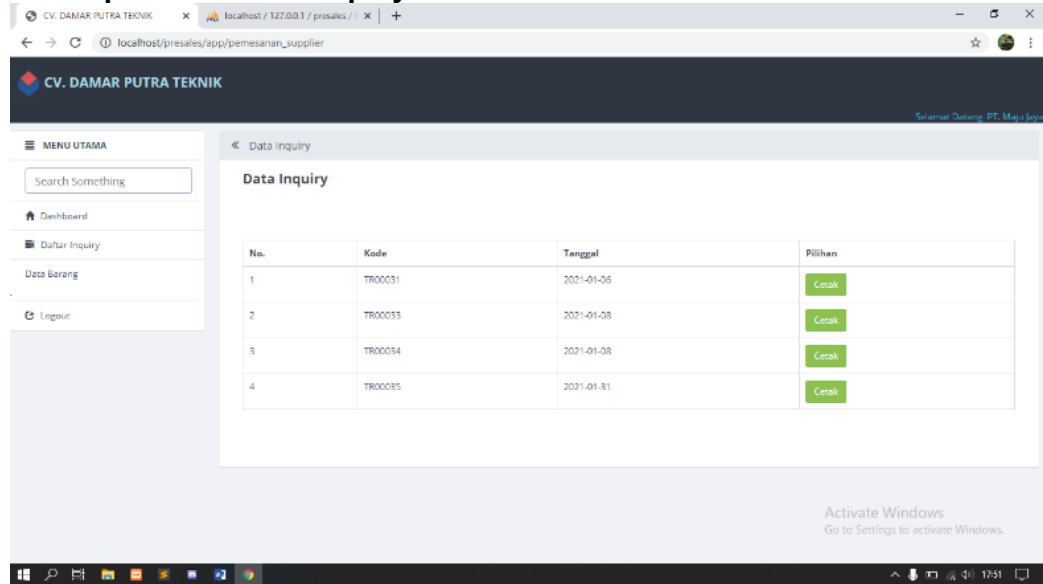
### 4.2.2. Tampilan Halaman Cetak Quotation



Gambar 10. Tampilan Halaman Cetak Quotation

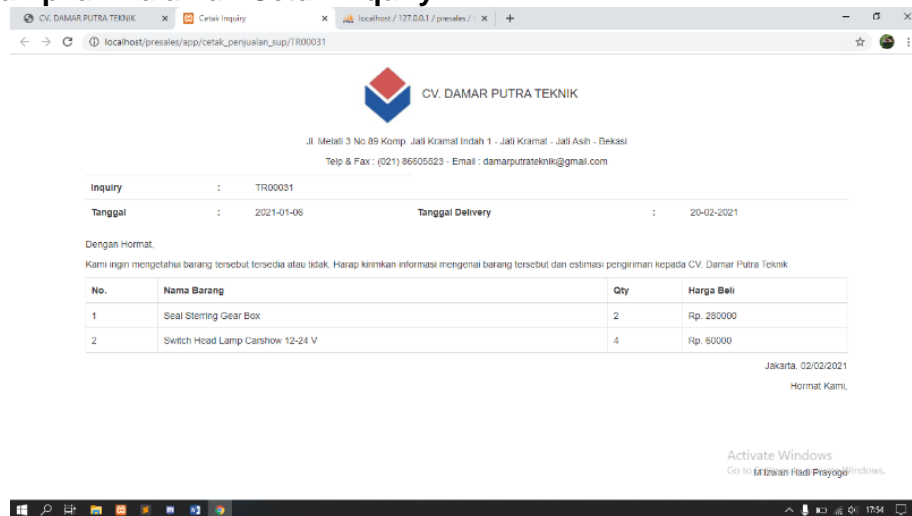
### 4.3. Tampilan Halaman Dashboard Distributor

#### 4.3.1. Tampilan Halaman Inquiry Pada Distributor



Gambar 11. Tampilan Halaman Inquiry Pada Distributor

#### 4.3.2. Tampilan Halaman Cetak Inquiry



Gambar 12. Tampilan Halaman Cetak Inquiry

### 4.4. Uji Coba Aplikasi

Uji coba aplikasi website ini menggunakan tiga cara yaitu uji coba struktural, uji coba fungsional, dan uji coba validasi.

#### 4.4.1. Uji Coba Struktural

Uji coba struktural yaitu uji coba untuk memastikan kesesuaian rancangan layout dengan hasil implementasi. Uji coba struktural ini dilakukan untuk memastikan apakah keadaan website ini terstruktur dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Jika terjadi kesalahan atau hasil yang didapat tidak sesuai dengan yang diinginkan maka proses akan kembali. Hasil uji coba sesuai dengan rancangan yang digambarkan dalam tabel berikut :

Tabel 2. Uji Coba Struktural

No.	Halaman	Dijalankan di Web Browser
1.	Halaman Login	Sesuai
2.	Halaman Form Registrasi	Sesuai
3.	Halaman Dashboard Customer	Sesuai
4.	Halaman Inquiry Customer	Sesuai
5.	Halaman Tambah Data Inquiry	Sesuai
6.	Halaman Tambah Pesanan	Sesuai

#### 4.4.2. Uji Coba Fungsional

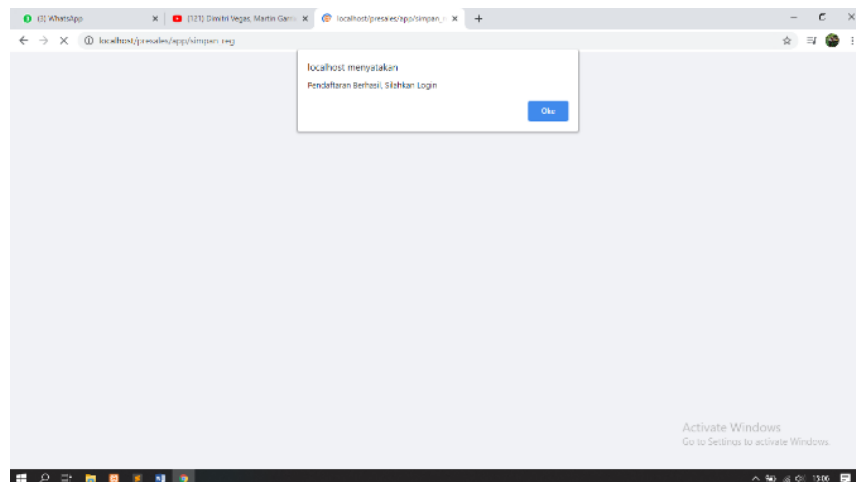
Pada tahap ini dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui masing-masing komponen dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan sistem yang ada.

Tabel 3. Uji Coba Fungsional

No.	Halaman	Menu/Button	Dijalankan di Web Browser
1.	Login	Sign in	Berfungsi
2.	Inquiry Customer	Tambah Data	Berfungsi
		Tambah Pesanan	Berfungsi
3.	Inquiry & Quotation	Detail	Berfungsi
		Cetak Quotation	Berfungsi
15.	History	Cari	Berfungsi
16.	Manajemen User	Create	Berfungsi
		Update	Berfungsi
		Delete	Berfungsi
		Delete	Berfungsi

#### 4.4.3. Uji Coba Validasi

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sistem yang dibuat sudah berfungsi dengan benar atau tidak. Uji coba tersebut dilakukan dengan validasi sistem pengisian data kedalam sistem dan hasil akhirnya sesuai dengan data yang dimasukkan.



Gambar 13. Uji Coba Validasi Registrasi

## 5. KESIMPULAN

Permasalahan yang dihadapi dalam *inquiry* yang sudah dibuat dan *quotation* yang sudah diterbitkan terkadang harus diubah dan pihak Perusahaan harus melakukan *inquiry* kembali ke distributor untuk perubahan harga yang tiba-tiba berubah dari pihak distributor setelah adanya kesepakatan dengan Perusahaan. Hal ini membuat penerbitan *quotation* menjadi lebih lama. Dengan adanya Rancang bangun aplikasi *Presales* diharapkan dapat membantu pihak Perusahaan untuk melakukan proses *presales* yang meliputi *inquiry* dan penerbitan *quotation* sehingga menjadi lebih efisien dan efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Indrajit, Richardus Eko, Djokopranoto, Richardus, 2003. ***Manajemen Persediaan, Barang Umum dan Suku Cadang untuk Keperluan Pemeliharaan, Perbaikan dan Operasi***, Grasindo, Yogyakarta
2. Jogiyanto, H.M, 2005, ***Analisis dan Desain : Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis***, Andi, Yogyakarta
3. Kotler, Philip, 2006, ***Manajemen Pemasaran, Jilid 1***, Terjemahan Hendra Teguh dkk, PT. Prenhalindo., Jakarta
4. McLeod Jr, dkk, 2008, ***Sistem Informasi Manajemen Edisi 10***, Salemba Empat, Jakarta
5. Mulyanto, Agus, 2009, ***Sistem Informasi Konsep & Aplikasi***, Pustaka Pelajar, Yogyakarta
6. Munawar, 2005, ***Pemodelan Visual dengan UML***, Graha Ilmu, Yogyakarta
7. Pressman, R.S, 2010, ***Software Engineering : a practitioner's approach***. McGraw – Hill, New York.

## RANCANG BANGUN *LOW HEAD* TURBIN PIKO HIDRO

Aep Saepul Uyun<sup>1</sup>, Bangun Novianto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Dosen Sekolah Pascasarjana, Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Sumber energi listrik sangat dibutuhkan untuk memenuhi target elektrifikasi yang merata di pedesaan. Pemenuhah energi listrik di pedesaan tersebut dapat menggunakan energi setempat yang tersedia misalkan energi air. Potensi energi air yang dapat dimanfaatkan dapat berasal dari sungai-sungai kecil dengan pembangkit mini dan mikro-hidro. Tantangan terbesar dalam pemanfaatan energi air pada sungai-sungai tersebut adalah bagaimana mendesain turbin air yang sesuai dengan tipe sungai low head tersebut. Karena setiap lokasi air memiliki kondisi lokasi yang berbeda, maka desain, pemilihan jenis dan ukuran turbin yang tepat menjadi lebih penting. Penelitian ini merupakan desain secara teoritis dalam optimasi perancangan profile sudu turbin serta analisis efek pusaran air pada prestasi turbin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengembangkan model turbin menggunakan teori sayap. Selanjutnya dengan analisis numerik dihitung analisis daya hilang pada sistem akibat pusaran air. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sudut serang optimum menghasilkan daya prediksi sebesar 976 W, serta daya hilang pada pusaran sebesar 8 W, sementara daya hilang total sebesar 59.5W atau efisiensi sistem berkurang 6% dengan efisiensi keseluruhan sebesar 74.5%.*

**Kata kunci :** elektrifikasi pedesaan, turbin air, piko hidro, efek pusaran.

### 1. PENDAHULUAN

Energi air adalah sumber energi terbarukan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena menyumbang kurang dari 20% dari daya listrik dunia dari pembangkit listrik besar dan kecil [1], [2]. Di Indonesia memiliki potensi energi bersih dan terbarukan yang tinggi. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), potensi energi terbarukan yang dimiliki Indonesia untuk ketenagalistrikan mencapai 443 GW dimana energi air merupakan potensi terbesar kedua setelah energi surya dengan potensi pembangkitan sebesar 95 GW diantaranya 19 GW berasal dari mini dan mikrohidro [3]. Di antara potensi sumber daya energi terbarukan, energi dari air untuk memenuhi kebutuhan listrik (PLTA) telah memperoleh daya tarik tertinggi karena bersih, murah dan operasi yang ramah lingkungan. Ini bisa menjadi pilihan ekonomis terbaik untuk elektrifikasi pedesaan di negara-negara berkembang dan sangat penting untuk masa depan yang berkelanjutan [4].

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) memiliki beberapa jenis berdasarkan skala energi listrik yang dibangkitkan [5]. Pembangkit listrik tenaga air skala besar memiliki kapasitas lebih dari 100 MW, pembangkit listrik tenaga air skala menengah: 10–100 MW, pembangkit listrik tenaga air kecil (small) kurang dari 10 MW, pembangkit listrik tenaga mini hidro: 1000 - 100 kW, Pembangkit listrik mikrohidro: 5-100 kW dan Pico-hydro merupakan skala terkecil dalam pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas kurang dari 5 kW [6]–[8].

Pico-hydro memiliki keunggulan karena tidak membutuhkan head yang tinggi dan debit air yang tidak terlalu besar serta pekerjaan sipil yang relative mudah, dan investasi awal yang sangat murah. Maher et al. (2003) membandingkan sistem pico hidro dengan sistem fotovoltaik surya di Kenya dan menetapkan bahwa pico hydro lebih efektif biaya berdasarkan per-rumah tangga dengan biaya 15% lebih rendah per kWh karena daya dari pico hidro biasanya tersedia terus menerus [9].

Elektrifikasi pedesaan dengan rumah-rumah yang tersebar dan pemukiman yang menggunakan sistem tenaga listrik AC konvensional membutuhkan jalur distribusi dan peralatan distribusi yang panjang dan mahal. Selain itu, konsumsi listrik keluarga di daerah yang baru dialiri listrik biasanya sangat rendah sehingga biaya untuk pemasangan kabel rumah dan meteran pembatas arus terlalu tinggi dibandingkan dengan keuntungan yang diperoleh dari perusahaan listrik negara (PLN). Banyak desa hanya memiliki sumber daya air yang terbatas untuk pembangkit listrik. Untuk memenuhi kebutuhan daya ketika sebagian besar peralatan seperti lampu, TV dan radio, dinyalakan[10].

Permasalahan lain, pada pembangkit listrik head yang sangat rendah (di bawah 3 - 4 m) casing gulir tirus tidak disarankan karena membuat kecepatan tinggi pada saluran masuk ke turbin, yang menyebabkan tekanan yang sangat rendah terjadi. Ini mengarah pada dua masalah potensial: i) seal poros cenderung menghisap udara; ii) mungkin ada tekanan yang cukup rendah untuk terjadinya kavitasi. Kedua masalah ini serius karena menyebabkan penurunan efisiensi turbin dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada sudu turbin[11].

Berdasarkan tinjauan di atas, belum banyak aplikasi piko hidro low head untuk masyarakat pedesaan karena pembangunan pembangkit listrik jenis pico hydro banyak dilakukan oleh kelompok yang membutuhkan saluran transmisi tidak secara individu. Untuk itu penelitian kami bertujuan untuk merancang dan mengetahui unjuk kerja turbin baling-baling yang telah dibuat untuk diaplikasikan pada sungai dengan head rendah. Penelitian ini akan dilanjutkan untuk melakukan pengujian eksperimen agar mendapatkan hasil daya nyata pada desain turbin yang sudah di optimasi dan perlu dipertimbangkan juga penggunaan material turbin yang lebih murah seperti plastik, karena daya yang dibangkitkan pada PLTPH tidak terlalu besar dan untuk upaya efektifitas biaya.

## 2. PENELITIAN PICO HIDRO

Studi tentang desain turbin picohydro yang dicapai melalui standarisasi turbin picohydro telah banyak dilakukan sebelumnya. Pengembangan desain standar untuk pico-turbin propeller untuk produksi secara lokal di negara-negara berkembang dilakukan oleh Simpson dan Williams (2006). Pengujian turbin 5 kW dibangun di lokasi di Peru dan data kinerja keseluruhan desain turbin diperoleh dengan computational fluid dynamics (CFD)[11], [12]. B.Ho-Yan (2012) mendesain turbin propeller yang dirancang untuk memungkinkan pembangkitan listrik 250 W dengan tinggi head 2 m dan debit air 25 L/s. Pengujian turbin dilakukan di Cameroon dengan daya terukur maksimal 49 W (kurang dari 20% dari target pembangkit listrik) [13]. Proses pembuatan pico turbin secara lokal di negara-negara berkembang dapat menghasilkan efektivitas biaya dan untuk memenuhi target elektrifikasi dengan penyebaran teknologi pico-hydro di daerah terpencil/pedesaan [14].

Penelitian lainnya, turbin hidraulik dilakukan pada bilah turbin dengan profil datar memiliki beberapa sudut berbeda (30°, 45°, 60°). Jumlah bilah akan diterapkan untuk head di bawah 2 meter. Di sisi lain, karena aliran rendah adalah parameter lain yang perlu difokuskan sehingga nilai laju aliran air telah diatur ke 13 l/s. Alat analisis seperti

Computer Fluid Dynamic (CFD) diterapkan dalam penelitian ini untuk menentukan hasil yang paling optimal berdasarkan beberapa parameter yang telah ditentukan. Dari hasil akhir CFD, turbin 3 bilah dengan sudut  $30^\circ$  adalah kombinasi terbaik di antara parameter yang terlibat[15]. Evaluasi kinerja turbin propeller head rendah tanpa menggunakan baling-baling pemandu (guide vanes). Studi ini juga menganalisis tiga turbin dan pemilihan bilah turbin dengan ketebalan konstan (tanpa camber) dengan optimalisasi sudut bilah dan diameter hub menggunakan studi komputasi dari ANSYS CFX 16.2. bilah dengan ketebalan konstan dipilih berdasarkan distribusi torsi dengan sudut bilah  $12^\circ$  dan diameter hub 80 mm untuk fabrikasi dan pengujian. Pengujian dilakukan dengan pengukuran torsi menggunakan rem dinamometer. Prototipe diuji pada sebagian beban 0,615 dan efisiensi yang dihasilkan diperoleh menjadi 44 persen[16].

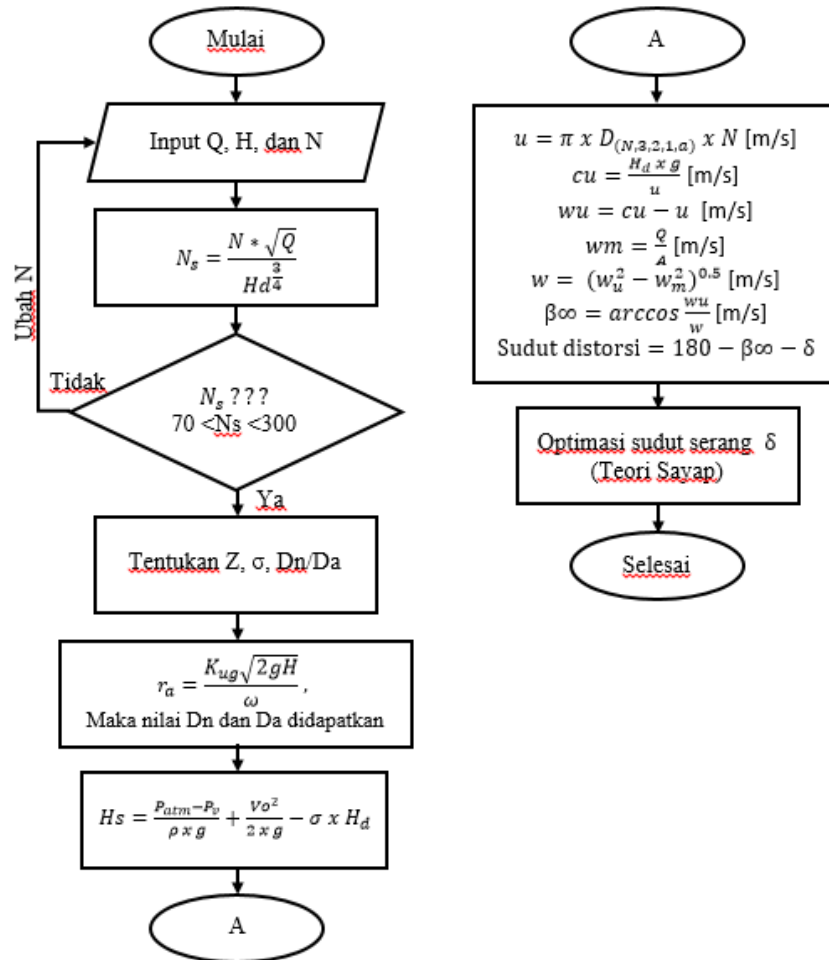
Penelitian lain membuat turbin propeller untuk di aplikasikan di sungai. Turbin sumbu horizontal ini beroperasi dalam berbagai aliran mulai dari 1.0 m/s hingga 1.7 m/s. Sistem ini menghasilkan daya 388 W pada aliran 1.7 m/s, menghasilkan efisiensi puncak 36% pada tip speed ratio 2.5. Daya yang diamati dari percobaan menunjukkan persetujuan positif, dengan kesalahan relatif kurang dari sekitar 3%, dengan prediksi numerik[17]. Selanjutnya pembuatan turbin propeller yang dirancang untuk memungkinkan pembangkitan listrik 250 W dengan tinggi head 2 m dan debit air 25 l/s. Pengujian turbin dilakukan di Cameroon dengan daya terukur maksimal 49 W (kurang dari 20% dari target pembangkit listrik)[13]. Proses pembuatan turbin skala pico hidro secara lokal di negara-negara berkembang dapat menghasilkan efektivitas biaya dan untuk memenuhi target elektrifikasi dengan penyebaran teknologi pico hidro di daerah terpencil/pedesaan [14]. Metodologi baru disajikan berdasarkan analisis teoretis, teknis, dan ekonomi. Studi kelayakan berfokus pada nilai daya kecil untuk turbin propeller tipe sistem pipa. Untuk menganalisis perilaku beberapa turbin dalam kondisi hidrolis yang berbeda, beberapa perbandingan antara tes laboratorium dan simulasi CFD dilakukan. Hasil yang disajikan adalah nilai yang menjanjikan dengan BEP (Best Efficiency Point) antara 80% hingga 90%[18].

Studi desain pico-turbin kaplan dan hasil pengembangan turbin dengan pendekatan kemampuan produksi di negara berkembang secara manual serta paradoks yang tampak untuk menggunakan teknik simulasi canggih untuk merancang turbin berbiaya rendah. Hasilnya, output daya mekanik 1 kW dicapai untuk aliran 0,057 m<sup>3</sup>/detik dengan turbin profil NACA sementara 0,067 m<sup>3</sup>/detik untuk turbin yang disederhanakan dengan desain yang dibuat[19]. Model turbin dan guide vane baru dari pico-turbin propeller dirancang untuk meningkatkan kinerja model runner lama yang ada. Dengan membandingkan hasil analisis CFD untuk model turbin lama dan baru, dapat diidentifikasi bahwa model baru mencapai efisiensi 84,0% yang 14% lebih tinggi daripada model lama[20].

### 3. METODE PERANCANGAN

Desain awal turbin didasarkan pada perhitungan dasar teori elemen bilah klasik untuk mendapatkan dimensi turbin. Selanjutnya dilakukan pengembangan bilah menggunakan teori sayap. Perhitungan dengan teori plat datar untuk mendapatkan daya prediksi dari turbin yang didesain. Apabila bilah turbin yang dibuat sudah optimal, selanjutnya analisis daya yang dihasilkan oleh turbin dengan menggunakan simulasi CFD. Berikut diagram alir dalam mendesain turbin yang dilakukan:



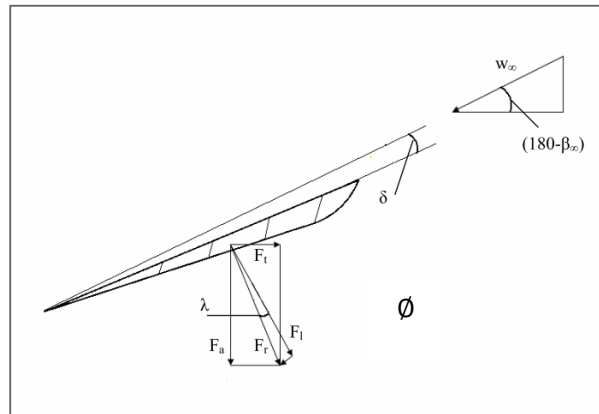


Gambar 1. Diagram alir desain turbin propeler skala piko hidro.

Ada empat parameter yang paling relevan dalam desain turbin dan ini adalah kepala net (H), laju aliran (Q), kecepatan rotasi turbin (N) dan efisiensi turbin ( $\eta$ ). Dua dari parameter ini (H dan Q) adalah data studi hidrologi dari sumber air, karena lokasi sungai jauh dari universitas maka data Q dan H diasumsikan, yaitu Debit air (Q) 0.066 [m<sup>3</sup>/s], Tinggi head desain (H) 2 [m] Efisiensi hidrolis ( $\eta_h$ ) 0.78 [23], Massa jenis air ( $\rho$ ) 998.00 [kg/m<sup>3</sup>], Gaya Gravitasi (g) 9.80 [m/s<sup>2</sup>], Kecepatan Putaran Turbin rpm (N) 1500 [min<sup>-1</sup>], maka Power Desain (PD) 1 kW.

### 3.1. Teori Sayap

Teori sayap (Tragflügeltheorie) dikembangkan oleh Ludwig Prandtl. Menurut "Tragflügeltheorie", gaya angkat/ lifting force  $F_l$  berlaku pada sudu turbin karena konfigurasi aliran paralel dan aliran sirkulasi, yang terjadi pada blade.



Gambar 2. Tragflügeltheorie (Teori Sayap)[24].

Oleh karena itu, nilai-nilai seperti koefisien angkat dan sudut serangan  $\phi$  juga memainkan peran penting dalam desain bilah. Koefisien ini dapat ditentukan melalui uji model. Dalam buku "Vesiturbiinit", hasil tes model tersebut ditampilkan. Dengan menggunakan hasil tes model, besarnya profil, chord dan distorsi yang tepat dari bilah dapat ditentukan[24].

Selanjutnya, untuk memahami karakteristik sudu pada "Tragflügeltheorie" terdapat beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Step 1 : koefisien angkat untuk setiap jari-jari dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\zeta_a = \frac{w_2^2 - w_\infty^2 + 2xg \left( \frac{P_{atm} - P_{min}}{\lambda} - \eta_s x \frac{C_3^2 - C_4^2}{2xg} \right)}{K x w_\infty^2} \quad [-] \quad (1)$$

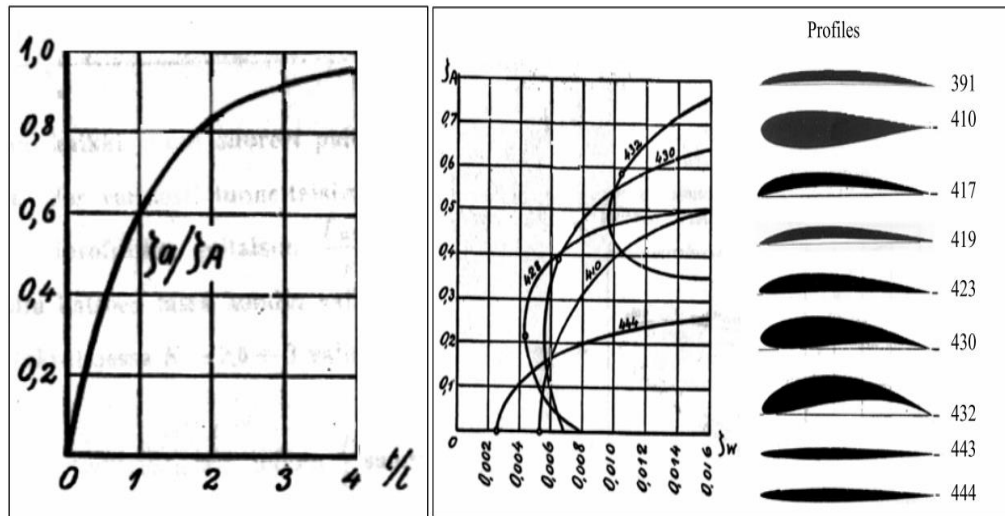
$w_2$  = kecepatan relatif setelah kisi [m/s],  $w_\infty$  = kecepatan relatif medial [m/s],  $P_{min}$  = Tekanan minimum air [Pa],  $\eta_s$  = efisiensi perubahan energi,  $C_3$  = kecepatan setelah turbin [m/s],  $K$  = nilai karakteristik profil.

- Step 2 : Ketika koefisien angkat diketahui, rasio  $l/t$  dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$l/t = \frac{g x \eta_s x Hd}{w_\infty^2} x \frac{cm}{u} x \frac{\cos \lambda}{\sin(180 - \beta_\infty - \lambda)} x \frac{1}{\zeta_a} \quad [-] \quad (2)$$

Dimana:  $\lambda$  = sudut selip [°],  $cm$  = kecepatan meridian [m/s],  $(180 - \beta_\infty)$  = sudut inflow [°]. Dalam persamaan (17), sudut slip  $\lambda$  harus, diasumsikan, kisaran asumsi adalah sebagai berikut:  $\lambda = 2.5^\circ \div 3^\circ$ . Dengan menggunakan asumsi ini, nilai perkiraan rasio  $l/t$  dapat ditetapkan. Dalam buku *Hydraulische und thermische Kraft- und Arbeitsmaschinen* rasio  $t/l$  dapat diasumsikan 0.7[25] dan rasio  $t/l$  0.62 s./d. 0.87[26].

- Step 3 : nilai timbal balik dari rasio  $l/t$  harus ditetapkan. Melalui nilai kebalikan, rasio koefisien pengangkatan  $\zeta_a/\zeta_A$  dapat dibaca pada gambar 3 (kiri). Dengan menggunakan rasio ini, koefisien pengangkatan  $\zeta_A$  dapat ditentukan.
- Step 4 : Grafik pada gambar 3 (kanan) berikut memberikan informasi tentang drag koefisien  $\zeta_W$  dari profil yang berbeda.

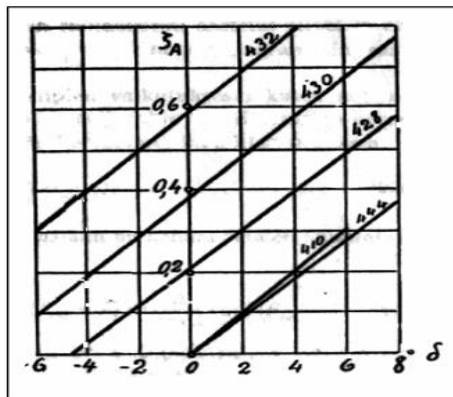


Gambar 3. Rasio  $\zeta_a/\zeta_A$  dan  $t/l$ (kiri), Rasio  $\zeta_A$  dan  $\zeta_W$  (kanan) [24], [25].

- Step 5 : Sudut slip dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = \arctan \frac{\zeta_W}{\zeta_A} [^\circ] \tag{3}$$

- Step 6 : Sudut serang  $\delta$  dari profil yang dipilih sekarang dapat ditetapkan dengan menggunakan gambar 4.



Gambar 4. Rasio  $\zeta_A$  dan  $\delta$  untuk profil yang berbeda[24], [25].

- Untuk mendapatkan sudut distorsi yang akurat, sudut  $\delta$  harus dikurangkan dari sudut  $(180-\beta^\infty - \delta)$ .

### 3.2. Teori Plat Datar

Daya turbin adalah variabel dependen yang terkait dengan torsi total dan rotasi turbin. Torsi turbin disebabkan oleh gaya angkat atau lift force (FL) dan gaya seret atau drag forcé (FD) pada permukaan bilah turbin. Gaya seperti itu dihasilkan dari interaksi antara aliran fluida dan permukaan blade. fluida mengalir di atas permukaan blade dan menghasilkan gaya angkat (FL) dan gaya seret (FD), yang masing-masing dihitung menggunakan koefisien angkat dan seret  $C_L$  dan  $C_D$ [27].

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A W_1^2 \tag{4}$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A W_1^2 \quad (5)$$

$$C_L = 2 \sin \phi \cos \phi \quad (6)$$

$$C_D = 2 \sin^2 \phi \quad (7)$$

Dimana,  $\rho$  adalah densitas air,  $W_1$  adalah kecepatan fluida relatif,  $A$  adalah bidang pada bagian blade, dan  $\phi$  adalah sudut serangan.

Maka torsi turbin adalah, dimana  $r$  adalah dimensi radial stasiun blade;

$$T = \sum (F_L \cos \beta_1 - F_D \cos \beta_1) r \quad (8)$$

Sehingga daya turbin dapat dihitung dengan persamaan;

$$P_t = T \times \omega \quad (9)$$

Atau, dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan [28]

$$P_t = \frac{T * 2\pi * n}{60} \quad (10)$$

Untuk menghitung Daya Turbin ( $P_r$ ), bisa menggunakan persamaan berikut ini, dimana  $\eta_g = 82\%$

$$P_r = P_t \times \eta_g \quad (11)$$

### 3.2. Daya Hilang

Daya hilang pada system PLTPH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$HL_{total} = HL_c + HL_v + HL_t + HL_{dt} + HL_o \quad (12)$$

Dimana,  $HL_c$  adalah daya hilang pada casing,  $HL_v$  adalah daya hilang efek pusaran yang dihasilkan oleh casing.  $HL_t$  adalah daya hilang sepanjang pusaran yang melewati turbin hingga ujung turbin.  $HL_{dt}$  adalah daya hilang pada drafttube.  $HL_o$  adalah daya hilang pada output aliran.

Daya hilang pada casing,  $HL_c$  dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy Weisbach sebagai berikut:

$$HL_c = f(L/D) \left( \frac{V^2}{g} \right) \quad (13)$$

Model hidrolis untuk mitigasi vortex didasarkan pada hukum persamaan fraude. Pada intake, gaya viskos dan tegangan permukaan (diwakili oleh Reynolds number dan Weber number)[29]. Dalam kisaran angka Froude yang dipertimbangkan dalam penelitian ini, hubungan antara  $\alpha$  dan  $F$  dapat diperkirakan sebagai linier, dan dapat digeneralisasi sebagai berikut[30].

$$HL_v = \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (14)$$

$$\alpha = -4.15F + 3.28K \quad (15)$$

Selanjutnya, head loss pada dafttube yang diperbesar akibat gaya gesek fluida terhadap dinding drafttube dihitung menggunakan persamaan belanger.

$$HL_{dt} = \frac{(d_2 - d_1)^3}{4 \cdot d_1 \cdot d_2} \quad (16)$$

Selanjutnya, head loss pada output dihitung menggunakan persamaan berikut

$$HLo = \frac{V^2}{2g} \quad (17)$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa dimensi turbin terangkum dalam tabel 1,2, dan 3. Dimensi tersebut dijadikan acuan dalam mendesain turbin 3D dan untuk proses simulasi.

Tabel 1. Dimensi hub & tip turbin

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan
Nilai faktor karakteristik turbin	$\sigma$	1.45	-
Jumlah Blade	$z$	4.00	-
Ratio Hub/Tip	$Dn/Da$	0.400	-
Diameter luar bilah turbin (Runner diameter)	$Dn$	0.151	[m]
Diameter dalam bilah turbin (Hub diameter)	$Da$	0.060	[m]

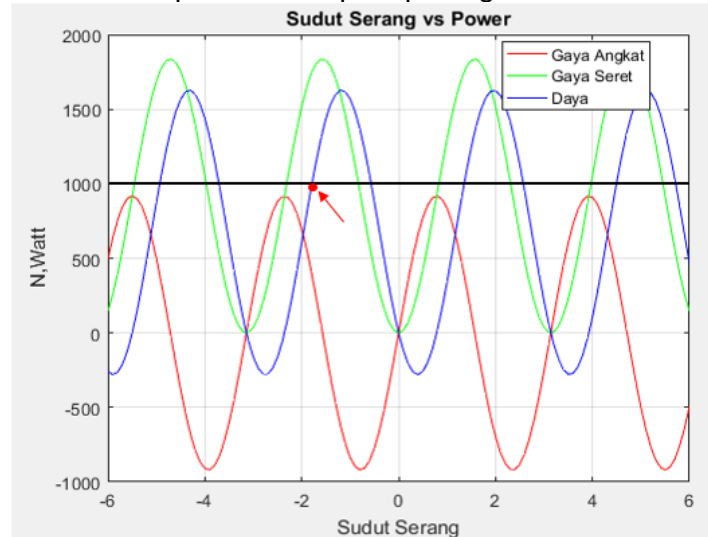
Tabel 2. Sudut distorsi bilah.

Uraian	5	4	3	2	1=Da	Satuan
$d$	0.151	0.128	0.105	0.083	0.060	[m]
$u$	11.83	10.05	8.28	6.50	4.73	[m/s]
$cu1$	1.66	1.95	2.37	3.02	4.15	[m/s]
$cu2$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[m/s]
$cu^\infty$	1.66	1.95	2.37	3.02	4.15	[m/s]
$wu1$	-10.17	-8.10	-5.91	-3.49	-0.58	[m/s]
$wu2$	-11.83	-10.05	-8.28	-6.50	-4.73	[m/s]
$wu^\infty$	-11.00	-9.08	-7.09	-5.00	-2.66	[m/s]
$wm$	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	[m/s]
$w1$	11.08	9.22	7.37	5.62	4.45	[m/s]
$w2$	11.83	10.05	8.28	6.50	4.73	[m/s]
$w^\infty$	11.85	10.09	8.35	6.67	5.15	[m/s]
$\beta^\infty$	158	154	148	139	121	[°]
$(180-\beta^\infty)$	22	26	32	41	59	[°]

Tabel 3. Sudut Optimum Distorsi Bilah

Uraian	5	4	3	2	1=Da	Satuan
$\alpha$	-1.8	0	2	5	-	[°]
$(180-\beta^\infty-\alpha)$	24	26	30	36	59	[°]

Setelah mendapatkan sudut serang bilah. Daya prediksi optimum pada teori plat datar adalah sebesar 976 Watt dengan efisiensi 96.8%. Hubungan sudut serang dan daya yang dihasilkan dapat dilihat seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Sudut serang vs Daya.



Gambar 6. Desain 3D turbin.

Pada simulasi desain turbin menggunakan CFD ini, akan dilakukan simulasi pergerakan fluida kerja di dalam ruang turbin. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui beberapa parameter desain penting, seperti kecepatan aliran fluida kerja pada saat masuk dan keluar, debit fluida kerja, putaran Turbin, torsi Turbin dan daya yang dihasilkan. Software CFD yang di gunakan adalah software Autodesk CFD Ultimate. Beberapa input parameter CFD adalah sebagai berikut, material turbin SUS 304, Kecepatan aliran fluida desain 0.334 m/s, dan Nilai tegangan bahan 215 Mpa. Berikut hasil simulasi menggunakan CFD seperti pada gambar 7.

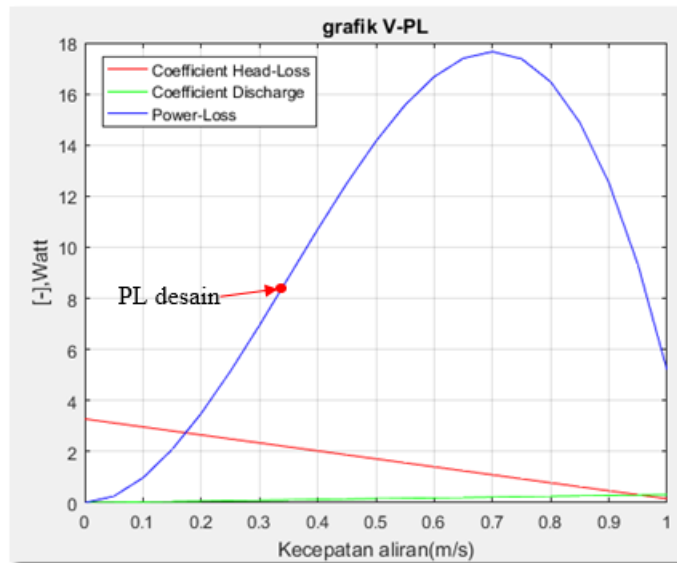
Tabel 4. Hasil simulasi CFD - Torsi dan putaran turbin.

Angular Displacement (deg)	Force (Newton)	Torque (N-m)	Hydraulic ForceX (Newton)	Hydrau
1.45643e-09	0	3.84971	33.9023	
1.54258e-09	0	-0.449429	2.66304	
1.63133e-09	0	3.25204	-0.389011	
1.72291e-09	0	3.54096	-0.380977	
1.81498e-09	0	0.607677	34.6142	
1.90876e-09	0	2.12864	13.6782	
2.00491e-09	0	2.97585	29.5122	
1.72291e-09	0	3.54096	-0.380977	

Setelah putaran Turbin dan torsi Turbin diketahui, dengan menggunakan persamaan 10. Bisa diketahui besarnya nilai Daya Turbin hasil simulasi adalah 800.4 Watt. Dengan menggunakan persamaan 11. Maka daya listrik yang dihasilkan adalah 656.3 Watt.

Kehilangan head pada casing,  $HL_c$  dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy Weisbach sebagai berikut: Dimana,  $f$  adalah koefisien gesek casing yang didapat dengan moody chart. Dengan mengetahui kecepatan aliran air adalah  $V_1 = 0.338$  m/s, Diameter casing  $D_1 = 0.39$  m, Panjang casing  $L = 0.75$  m,  $e = 0.045$  (kekasaran plat casing), dan viskositas kinematic air  $\nu = 8.94 \times 10^{-7}$  serta percepatan gravitasi,  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>, didapat nilai  $HL_c$  adalah sebesar 0.0012 m.

Selanjutnya, kehilangan head  $HL_v$  pada pusaran dapat dihitung dengan persamaan fraude didapat 0.012 m. sedangkan head-loss akibat efek pusaran terbesar adalah 0.03 m. Akan tetapi setelah mencapai optimum head-loss pada kecepatan 0.7 m/s, penurunan terus terjadi. Seperti terlihat pada gambar 4.13  $C_d$  meningkat dengan penurunan  $\alpha$  (CHL). Hal ini sesuai dengan (J.Yang et.al 2014)  $C_d$  meningkat dengan penurunan  $\alpha$ , sehingga  $\alpha$  lebih rendah dan  $C_d$  lebih tinggi di berbagai debit [29]. Daya hilang terbesar akibat pusaran terjadi apabila kecepatan air mencapai 0.7 m/s, dengan daya yang hilang sebesar 17.6 Watt. Efisiensi akan berkurang 1.75% (akibat pusaran) dari Efisiensi keseluruhan. Pada penelitian ini, penulis mendesain kecepatan aliran adalah 0.34 m/s. Daya hilang berdasarkan kecepatan desain adalah 9 Watt dengan efisiensi hilang 1% seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 7. Daya hilang pada pusaran.

Selanjutnya, kehilangan head,  $HL_t$  sepanjang pusaran yang melewati turbin hingga ujung turbin dapat dihitung dengan persamaan Darcy Weisbach adalah  $0.061 m$ . Kemudian kehilangan head pada drafttube  $HL_{dt}$  yang diperbesar akibat gaya gesek fluida terhadap dinding drafttube dihitung menggunakan persamaan belanger sebesar  $0.014 m$ . Selanjutnya, Kehilangan head pada output dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$HL_o = V^2 / 2g = \frac{0.3^2}{2 * 9.8} = 0.004 m$$

Maka Kehilangan head total adalah sebagai berikut:

$$HL_{total} = 0.0012 + 0.012 + 0.061 + 0.014 + 0.004 = 0.0922 m$$

Maka daya hilang total

$$PL_{total} = \rho * Q * g * HL_{total} = 59.5 \text{ Watt atau } 6\%$$

Maka total daya dan efisiensi keseluruhan yang mungkin dihasilkan oleh system dapat diketahui dengan analisis perhitungan sebagai berikut:

$$P_{total} = (P_t - PL_{total}) * \eta_g = (976 - 59.5) * 0.82 = 751 \text{ Watt}$$

$$\eta_r = \frac{P_{total}}{P_D} * 100\% = \frac{751 \text{ Watt}}{1008 \text{ Watt}} * 100\% = 74.5 \%$$

Maka, Total daya yang mungkin dihasilkan dari perhitungan adalah  $751 \text{ Watt}$  dengan efisiensi keseluruhan sebesar  $74.5 \%$ . Dan total daya yang dihasilkan dari simulasi CFD adalah sebesar  $607.53 \text{ Watt}$  dengan efisiensi keseluruhan sebesar  $60.2\%$ .

## 5. KESIMPULAN

Turbin di desain untuk Head  $2 m$  dengan debit air  $0.066 m^3/s$ . Turbin dengan kapasitas  $1 kW$  yang memiliki dimensi hub  $0.06 m$  dan dimensi turbin  $0.151 m$ . Optimasi desain bilah turbin propeller mendapatkan sudut serang optimum  $-1.8^\circ$  dengan daya yang mungkin dihasilkan oleh turbin sebesar  $976 \text{ Watt}$  dan hasil simulasi CFD sebesar



800.4 Watt. Jika kecepatan air sesuai dengan asumsi desain, maka daya hilang akibat pusaran adalah 9 Watt atau efisiensi sistem akan berkurang hingga 1%. Total daya hilang secara keseluruhan pada fluida yang bergerak adalah 59.5 Watt atau efisiensi sistem akan berkurang hingga 6%. Total daya yang dihasilkan sistem PLTPH dari perhitungan adalah 751 Watt dengan efisiensi keseluruhan sebesar 74.5 %. Dan total daya yang dihasilkan dari simulasi CFD adalah sebesar 607.53 Watt dengan efisiensi keseluruhan sebesar 60.2%.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. M. A. Haidar, M. F. M. Senan, A. Noman, and T. Radman, 2012, ***Utilization Of Pico Hydro Generation In Domestic And Commercial Loads***, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 1, pp. 518–524.
2. Mohammad Akbari, 2016, ***Effect of Vortex in Kaplan Turbine-Using CFD A Case Study: Rosseries Power Plant***. SUDAN UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY
3. DEN, 2017, ***Perpres Nomor 22 Tahun 2017 Rencana Umum Energi Nasional***.
4. Erinofiardi et al., 2017, ***A Review on Micro Hydropower in Indonesia***, *Energy Procedia*, vol. 110, no. December 2016, pp. 316–321
5. Zuhud, S. I. Cahyono, and D. D. D. P. Tjahyana, 2018, ***Redesign Runner Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro Dengan Metode Reverse Engineering Melalui Pendekatan Teoritis***, *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 11, no. 2, p. 61
6. A. Lahimer, M. A. Alghoul, K. Sopian, N. Amin, N. Asim, and M. I. Fadhel, 2012, ***Research and development aspects of pico-hydro power***, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 8, pp. 5861–5878
7. goleman Daniel, B. Richard, and Mckee, 2000, ***Low Head Pico Hydro Power: A Review Of Available Turbine Technologies***, *World Renew. Energy Congr. VI*
8. J. Susanto and S. Stamp, 2012, ***Local Installation Methods For Low Head Pico-Hydropower In The Lao PDR***, *Renew. Energy*, vol. 44, pp. 439–447
9. P. Maher, N. P. A. Smith, and A. A. Williams, 2003, ***Assessment Of Pico Hydro As An Option For Off-Grid Electrification In Kenya***, *Renew. Energy*, vol. 28, no. 9, pp. 1357–1369
10. S. Hermann, 2006, ***Design of a Micro-Hydro Powered Battery Charging System for Rural Village Electrification***, no. March. Oldenburg: Energy and Semiconductor Research Laboratory Department of Physics Faculty of Mathematics & Science Carl von Ossietzky University
11. R. Simpson and A. Williams, 2011, ***Design Of Propeller Turbines For Pico Hydro.*** pp. 1–15, 2011.
12. R. Simpson and A. Williams, 2006, ***Application Of Computational Fluid Dynamics To The Design Of Pico Propeller Turbines***, *Proc. Int. Conf. Renew. Energy Dev. Ctries*
13. Ho-Yan, 2012, ***Design of a Low Head Pico Hydro Turbine for Rural Electrification in Cameroon***. Ontario: The University of Guelph
14. K. Sopian and J. A. Razak, 2009, ***Pico Hydro: Clean Power From Small Streams***, *Proc. 3rd WSEAS Int. Conf. Energy Planning, Energy Saving, Environ. Educ. EPESE '09, Renew. Energy Sources, RES '09, Waste Manag. WWAI '09*, no. May 2015, pp. 414–419
15. M. M. Othman, J. Ab Razak, M. F. Bashir, N. S. Muhammad, and K. Sopian, 2014, ***CFD Analysis on the Flat Runner Blades of Propeller's Turbine under Low Head and Low Flow Condition***, *Appl. Mech. Mater.*, vol. 699, pp. 437–442

16. M. Koirala, B. Tiwari, M. Khanal, P. Pathak, and R. Chaulagain, 2018, ***Design , CFD Analysis , Fabrication , Testing and Efficiency Evaluation of Low Head Pico-Propeller turbine Without Guide Vanes Design , CFD Analysis , Fabrication , Testing and Efficiency Evaluation of Low Head Pico-Propeller turbine Without Guide Vanes***, Proc. IOE Grad. Conf. 2017, vol. Volume: 5, no. January 2017, p. ISSN: 2350-8914.
17. Jacob Daniel Riglin, 2016, Design, ***Manufacture and Prototyping of a Hydrokinetic Turbine Unit for River Application***, Lehigh University
18. H. M. Ramos, A. Borga, and M. Simão, 2009, ***New Design Solutions For Low-Power Energy Production In Water Pipe Systems***, Water Sci. Eng., vol. 2, no. 4, pp. 69–84
19. M. Chiarelli, L. Favre, N. El Hayek, E. L. Niederhauser, and L. Donato, 2019, ***Design Of A New Kaplan Pico-Turbine Runner Bades***, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 240, no. 4
20. V. L. Vu, Z. Chen, and Y.-D. Choi, 2018, ***Design and Performance of a Pico Propeller Hydro Turbine Model***, KSFM J. Fluid Mach., vol. 21, no. 3, pp. 44–51
21. R. A. Subekti, A. Susatyo, and P. Irasari, 2011, ***Perancangan Dan Analisis Prototip Unit Turbin-Generator Tipe Submersible Skala Piko Hidro Untuk Aplikasi Pada Aliran Sungai Datar***, Pus. Penelit. Tenaga List. dan Mekatronik LIPI, vol. 1, pp. 1–13, 2011.
22. S. B. S. Nasution, Warjito, Budiarmo, and D. Adanta, 2018, ***A Comparison Of Openflume Turbine Designs With Specific Speeds (Ns) Based On Power And Discharge Functions***, J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci., vol. 51, no. 1, pp. 53–60, 2018.
23. W. S. Ebhota and F. Inambao, 2016, ***Design basics of a small hydro turbine plant for capacity building in Sub-Saharan Africa***, African J. Sci. Technol. Innov. Dev., vol. 8, no. 1, pp. 111–120.
24. T. Flaspöhler, 2007, ***Design of the runner of a Kaplan turbine for small hydroelectric power plants Supervisor***
25. K. Menny, 2005, ***Hydraulische und thermische Kraft-und Arbeitsmaschinen***. Ronnenberg
26. M. Polák, V. Polák, and M. Hudoušková, 2016, ***Verification of model calculations for the Kaplan turbine design***, TAE 2016 - Proc. 6th Int. Conf. Trends Agric. Eng. 2016, pp. 490–499.
27. K. Wright and D. H. Wood, 2004, ***The starting and low wind speed behaviour of a small horizontal axis wind turbine***, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., vol. 92, no. 14–15, pp. 1265–1279.
28. Herry Susanto, 2017, ***Desain Turbin ORC (Organic Rankine Cycle) untuk Sistem Pembangkit Listrik Bersumber Energi Terbarukan Dengan Panas Rendah***. Universitas Darma Persada.
29. J. Yang, P. Andreasson, C. M. Högström, and P. Teng, 2018, ***The Tale of an Intake Vortex and its Mitigation Countermeasure: A Case Study From Akkats Hydropower Station***,” Water (Switzerland), vol. 10, no. 7, pp. 1–14
30. J. Yang, T. Liu, A. Bottacin-Busolin, and C. Lin, 2014, ***Effects of intake-entrance profiles on free-surface vortices***, J. Hydraul. Res., vol. 52, no. 4, pp. 523–531

# STUDI KELAYAKAN PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN SETU AGRAPANA MELALUI PERHITUNGAN PP, NPV, DAN IRR

Atik Kurnianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Industri Universitas Darma Persada

## ABSTRAK

*PT. "X" merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang infrastruktur, yang akan melakukan pembangunan perumahan di Setu Agrapana melalui kerja sama dengan pihak investor. Perusahaan tentunya harus bisa meyakinkan investor agar kerjasama proyek perumahan dapat berjalan dengan baik dan menguntungkan kedua belah pihak, dengan cara melakukan analisis kelayakan melalui aspek Finansial.*

*Kreteria kelayakan investasi suatu proyek melalui aspek finansial menggunakan metode PP (Payback Period) yaitu suatu investasi yang diusulkan dinyatakan layak jika PP lebih pendek dibandingkan dengan PP. Kemudian menggunakan NPV (Net Present Value) yaitu nilai sekarang dari seluruh aliran kas mulai sekarang sampai akhir proyek, selanjutnya memakai IRR (Internal Rate of Return) yang merupakan metode untuk menghitung tingkat bunga yang dapat menyamakan antara present value dari semua aliran kas masuk dengan aliran kas keluar dari suatu investasi proyek,*

*Melalui perhitungan dengan menggunakan metode PP, NPV maupun IRR diharapkan proyek "Perumahan Setu Agrapana" layak untuk dikerjakan dan menguntungkan serta modal investasi dapat dikembalikan sesuai jadwal yang sudah ditentukan*

**Kata Kunci :** PP, NPV dan IRR

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Perumahan merupakan salah satu kebutuhan dasar (primer) manusia, disamping kebutuhan akan pangan dan sandang, sehingga setiap orang harus berhubungan dengan bagian dari properti. Bagaimanapun kondisi perekonomian yang sedang terjadi, semua orang harus memiliki rumah tempat ia tinggal untuk memenuhi salah satu kebutuhan utamanya. Rumah tidak lagi hanya sekedar tempat berlindung, namun sudah merupakan bagian hidup yang mencakup banyak pengaruh. Seiring berjalannya waktu, rumah berkembang menjadi sebuah identitas bagi pemiliknya. Rumah yang awalnya untuk tempat berlindung dari panas, hujan dan binatang luar, berubah menjadi status sosial sang pemilik. Rumah, dimasa kini menjadi gambaran jati diri, karakter dan nilai hidup seseorang.

PT. "X" dalam rangka melakukan pembangunan untuk untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tentunya mempersiapkan kajian kelayakan bisnis ialah suatu kegiatan yang mempelajari secara mendalam tentang suatu usaha atau bisnis yang akan dijalankan, dalam rangka menentukan layak atau tidak usaha tersebut dijalankan. Mempelajari secara mendalam artinya meneliti secara sungguh-sungguh data dan informasi yang ada kemudian diukur, dihitung dan dengan metode-metode kelayakan bisnis agar hasilnya sesuai dengan perencanaan dan menguntungkan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas,maka permasalahan yang ada dapat di rumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan studi kelayakan pembangunan perumahan Setu Agrapana?
2. Bagaimana mengetahui pengembalian modal investasi sesuai dengan waktu yang ideal?

## 1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

### 1.3.2. Tujuan

1. Mengetahui tahapan-tahapan dalam melakukan studi kelayakan proyek melalui aspek finansial.
2. Memudahkan untuk memberikan informasi jangka waktu pengembalian modal kepada investor sesuai dengan perhitungan jadwal waktu pengembalian.

### 1.3.2. Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui kelayakan pembangunan perumahan melalui kajian aspek finansial dengan menerapkan perhitungan PP, NPV dan IRR.
2. Memberikan informasi estimasi jadwal waktu pengembalian modal investasi kepada investor.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Ada dua metode guna memecahkan masalah,yaitu :

### 1. Studi lapangan

Studi lapangan merupakan metode pencarian data secara langsung pada suatu obyek dengan cara sebagai berikut : Observasi yaitu merupakan pengamatan secara langsung dilapangan dengan cara mengamati proses yang sedang berjalan dan mencatat semua peristiwa yang terjadi yang berhubungan dengan masalah yang diteliti..

### 2. Studi pustaka

Kegiatan ini dilakukan dengan membaca dan mempelajari buku-buku yang menunjang pokok bahasan dan penelitian yang dilakukan dan diperlukan sebagai data sekunder.

## 3. PENGUMPULAN DATA

Rekapitulasi data RAB (Rencana Anggaran Biaya) pada table 1. merupakan hasil pengolahan data dari perusahaan kontraktor. Sedangkan table 2. merupakan aliran kas (*Cash Flow*) pembangunan perumahan tipe 70/72.

Tabel 1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)  
Pembangunan Proyek Perumahan Setu Anggrapana

No	Jenis Pekerjaan	Biaya (Rp.)
I	Pekerjaan Pendahuluan	9,398,092.00
II	Pekerjaan Pondasi	5,716,834.54
III	Pekerjaan Beton	18,439,312.00
IV	Pekerjaan pemasangan dan plasteran	30,986,551.83
V	Pekerjaan Kuda-kuda dan Atap	28,938,524.88

VI	Pekerjaan Kusen, Pintu, dan Jendela	16,720,889.20
VII	Pekerjaan Plafond	13,195,193.00
VIII	Pekerjaan Instalasi Listrik dan Armature	2,178,000.00
IX	Pekerjaan Lantai	22,355,223.50
X	Pekerjaan Plumbing dan Alat Sanitas	3,337,157.00
XI	Pekerjaan Pengecatan	16,493,562.96
XII	Fasilitas	7,780,000.00
	Total	175,539,340.91

Tabel 2. Aliran Kas Investasi Tahun I dan II  
Pembangunan Perumahan Tipe 70/72

No	KETERANGAN	TAHUN I (Rp)	TAHUN II (Rp)
1	<b>Pendapatan</b>	3,443,100,000	3,443,100,000
2	<b>Beban Operasional</b>		
	Biaya Variabel	2,633,090,100	1,755,393,400
	Uang Cash		350,000,000
	Biaya pemasaran dan promosi (media masyarakat)	4,500,000	4,500,000
	Gaji karyawan	24,000,000	24,000,000
	Biaya operasional lainnya	1,000,000	1,000,000
3	<b>Pendapatan bersih</b>	<b>780,509,900</b>	<b>1,308,206,600</b>

#### 4. PENGOLAHAN DATA

##### 4.1. Metode Pengolahan Data

Metode yang di gunakan dalam penelitian proyek pembangunan perumahan "Setu Agrapana", yaitu melalui pendekatan aspek finansial dengan menghitung *Payback Period* (PP) disebut juga *Pay Out Time* yang digunakan untuk menghitung lama periode pengembalian uang modal yang telah diinvestasikan. Menghitung *Net Present Value* (NPV) suatu investasi yang diusulkan dinyatakan layak jika NPV lebih besar dari nol atau bernilai positif. Selanjutnya menghitung *Internal Rate of Return* (IRR) merupakan metode untuk menghitung tingkat bunga yang dapat menyamakan antara *present value* dari semua aliran kas masuk dengan aliran kas keluar dari semua investasi proyek.

##### 4.2. Pengolahan Data

Sebelum melakukan pengolahan data ada beberapa kriteria untuk menentukan apakah suatu usaha layak atau tidak dijalankan ditinjau dari aspek keuangan. Kriteria ini sangat tergantung dari kebutuhan masing-masing perusahaan dan metode mana yang akan digunakan. Setiap metode memiliki kelebihan dan kelemahannya masing-masing. Dalam penilaian suatu usaha hendaknya menggunakan beberapa metode sekaligus. Artinya, semakin banyak metode yang digunakan, maka akan semakin memberikan gambaran yang lengkap sehingga

diharapkan memberikan hasil yang akan diperoleh menjadi lebih sempurna. Sedangkan metode penilaian dan perhitungan kelayakan proyek perumahan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

#### 4.2.1. Payback Periode (PP)

Metode *Payback Periode* adalah untuk menentukan waktu pengembalian modal. Bila waktu pengembalian modal lebih kecil dari pada waktu umur ekonomis, maka investasi tidak layak.

Berikut perhitungannya *Payback Period* (PP), apabila investasi yang sudah ditanamkan adalah sebesar Investasi = Rp. 4,797,483,500, maka pendapatan tahun I adalah sebesar **Rp. 3,443,100,000** SEBAGAI BERIKUT :

➤ INVESTASI	= Rp. 4,797,483,500,-
➤ PENDAPATAN TAHUN I	= Rp. 3,443,100,000,- -
➤ Laba Tahun I	= Rp. 1,354,383,500,-

Karena tidak dapat di kurangi dengan pendapatan ke-2 maka sisa pengurangan di bagi dengan pendapatan tahun II, yaitu :

$$PP = \frac{1,354,383,500}{3,443,100,000} \times 12$$

$$PP = 4,7 = 5$$

Jadi, pembangunan proyek perumahan akan dapat dikembalikan modal investasi atau Payback Period (PP) proyek ini adalah 5 bulan.

Pada pengolahan data perhitungan *payback period* menunjukkan bahwa modal usaha yang akan digunakan untuk investasi perumahan dapat dikembalikan dalam waktu Lima (5) bulan. Sehingga dengan demikian pembangunan perumahan di daerah ini dapat dilaksanakan karena waktu pengembalian modal usaha lebih layak dan sesuai dengan keinginan perusahaan, dimana waktu pengembalian lebih cepat dari yang di harapkan.

#### 4.2.2. Net Present Value (NPV)

NPV merupakan metode menghitung nilai bersih (*netto*) pada waktu sekarang (*present*). Metode ini digunakan melalui selisih antara investasi dengan pendapatan.

Berikut pendapatan bersih tahun I-II melalui perhitungan NPV, yang bisa dilihat pada table 3.

Tabel 3. Tabel Perhitungan Net Present Value (NPV)

No	Tahun	Laba Bersih (Rp)	Kas Bersih (Rp)	Discount Factor (DF) 15%	PV Kas Bersih (Rp)
1	I	3,443,100,000	3,443,100,000	0,87	2,995,497,000
2	II	3,443,100,000	3,443,100,000	0,76	2,616,756,000
<b>Total</b>					<b>5,612,253,000</b>
<b>PV Kas Bersih</b>					

Sehingga, didapatkan *Present Value* (PV) kas bersih investasi dari tahun I dan II yaitu:

- NPV = Total PV kas bersih – Total PV investasi
- NPV = Rp. 5,612,253,000 – Rp. 4,797,483,500
- NPV = Rp. 814,769,500

Perhitungan kelayakan menggunakan metode NPV menunjukkan bahwa NPV bernilai positif yaitu dapat dilihat dari PV kas bersih dikurangi dengan PV investasi sebesar Rp. 5,612,253,000 – Rp. 4,797,483,500 = Rp. 814,769,500 Berdasarkan data ini berarti bahwa selama umur ekonomis (2 tahun) total pemasukan lebih besar dari pada modal investasi, sehingga usaha ini menguntungkan dan layak untuk di teruskan.

#### 4.2.3. Internal Rate Of Return (IRR)

Metode IRR yang dicari adalah tingkat bunga, di mana tingkat bunga yang menghasilkan nilai sekarang dari kas bersih yang diharapkan akan diterima sama dengan jumlah nilai sekarang dari pengeluaran modal investasi jika IRR lebih besar dari yang telah ditetapkan pada usulan, maka usulan investasi diterima. Sebaliknya bila IRR lebih kecil dari usulan investasi maka proyek ditolak. Berikut terlihat pada tabel 4. cara menghitung IRR.

**Tabel 4. Tabel Perhitungan Internal Rate Of Return (IRR)**

No	Tahun	Kas Bersih	Bunga 15 %		Bunga 28 %	
			DF	PV Kas Bersih (Rp)	DF	PV Kas Bersih (Rp)
1	I	3,443,100,000	0,87	2,995,497,000	0,75	2,689,061,100
2	II	3,443,100,000	0,76	2,616,756,000	0,56	2,100,291,000
Total PV kas Bersih				5,612,253,000		4,789,325,100
Investasi				4,797,483,500		4,797,483,500
NPV				814,769,500		-8,131,400

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dirinci Langkah-langkahnya, yaitu sebagai berikut :

- $IRR = i1 + \frac{NPV1}{NPV1+NPV2} \cdot (i2 + i1)$
- $IRR = 0.15 + \frac{814,769,500}{814,769,500 - (-8,131,400)} \cdot (0,28 + 0,15)$
- $IRR = 0,2787 = 27,87\%$
- $IRR > MARR = 27,87\% > 15\%$

1. Perhitungan kelayakan dengan menggunakan metode IRR menunjukkan nilai suku bunga pengembalian investasi sebesar 27,87%, sedangkan suku bungapinjaman (MARR) sebesar 15%. Sehingga dengan demikian investasi dapat dilaksanakan dan di layak di lanjutkan. Hal ini dikarenakan suku bunga pinjaman bank lebih kecil dari pada suku bunga pengembalian investasi.

## 5. KESIMPULAN

1. Berdasarkan hasil penelitian aspek finansial serta pengolahan analisis data diperoleh nilai NPV sebesar Rp. 814,769,500 bernilai positif, berdasarkan

kriteria ini berarti investasi perumahan ini tidak merugi dan layak untuk dibangun dan di kembangkan, kemudian berdasarkan kriteria pengolahan IRR bahwa nilai suku bunga pengembalian investasi sebesar 27,87% lebih besar dari pada suku bunga pinjaman bank (MARR) sebesar 15%, berdasarkan metode IRR investasi perumahan ini tidak merugi dan layak untuk dibangun dan di kembangkan.

2. Pengembalian modal pembanguan setu agrapana jika dilihat dari pengolahan dan analisa metode *Payback Period (PP)* diketahui bahwa perumahan layak untuk di bangun dan di kembangkan, hal ini dikarenakan mampu mengembalikan modal investasi sebesar Rp 4,797,483,500 selama umur investasi selama 2 tahun. Modal investasi tersebut bisa dikembalikan dalam waktu 5 bulan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Giatman, M, 2006, ***Ekonomi Teknik***. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
2. Kasmir, Jakfar, 2003, ***Studi Kelayakan Bisnis***. Edisi kedua. Prenada Media, Jakarta-Timur.
3. Kuncoro, M, 2009, ***Metode Riset Untuk Bisnis dan Ekonomi Bagaimana Meneliti dan Menulis Tesis ?***. Edisi 3. Erlangga, Jakarta.
4. Ratna, P, 2009, ***Analisis Kelayakan Usaha Jati Unggul Nusantara Dengan Pola Bagi Hasil***. Skripsi tidak di terbitkan, Bogor, ITB Bogor
5. Riduwan, Sunarto, 2010, ***Pengantar Statistika Untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, Komunikasi dan Bisnis***. Edisi Ketiga. Alfabeta, Bandung.
6. Robiansah, 2009, ***Analisis Kepuasan Konsumen Terhadap Kinerja Pelayan di Maroon Café n' Resto Menggunakan Metode Importance Performance Analysis dan Sugiyono. "Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D"***. CV. Alfabeta, Bandung.
7. Suliyanto, 2010, ***Studi Kelayakan Bisnis Pendekatan Praktis***. Penerbit Andi, Yogyakarta.
8. Suratman, 2001, ***Studi Kelayakan Proyek Teknik dan Penyusunan Laporan***. Edisi pertama J&J Learning, Yogyakarta.
9. Umar, Husein, 2008, ***Metode Penelitian untuk Skripsi dan Tesis Bisnis***. Edisi kedua. PT. Raja Grafindo Persada , Jakarta.



## RANCANG BANGUN *LOW HEAD* TURBIN PIKO HIDRO

Aep Saepul Uyun<sup>1</sup>, Bangun Novianto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Dosen Sekolah Pascasarjana, Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Sumber energi listrik sangat dibutuhkan untuk memenuhi target elektrifikasi yang merata di pedesaan. Pemenuhah energi listrik di pedesaan tersebut dapat menggunakan energi setempat yang tersedia misalkan energi air. Potensi energi air yang dapat dimanfaatkan dapat berasal dari sungai-sungai kecil dengan pembangkit mini dan mikro-hidro. Tantangan terbesar dalam pemanfaatan energi air pada sungai-sungai tersebut adalah bagaimana mendesain turbin air yang sesuai dengan tipe sungai low head tersebut. Karena setiap lokasi air memiliki kondisi lokasi yang berbeda, maka desain, pemilihan jenis dan ukuran turbin yang tepat menjadi lebih penting. Penelitian ini merupakan desain secara teoritis dalam optimasi perancangan profile sudu turbin serta analisis efek pusaran air pada prestasi turbin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan mengembangkan model turbin menggunakan teori sayap. Selanjutnya dengan analisis numerik dihitung analisis daya hilang pada sistem akibat pusaran air. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sudut serang optimum menghasilkan daya prediksi sebesar 976 W, serta daya hilang pada pusaran sebesar 8 W, sementara daya hilang total sebesar 59.5W atau efisiensi sistem berkurang 6% dengan efisiensi keseluruhan sebesar 74.5%.*

**Kata kunci :** elektrifikasi pedesaan, turbin air, piko hidro, efek pusaran.

### 1. PENDAHULUAN

Energi air adalah sumber energi terbarukan yang paling banyak digunakan di seluruh dunia karena menyumbang kurang dari 20% dari daya listrik dunia dari pembangkit listrik besar dan kecil [1], [2]. Di Indonesia memiliki potensi energi bersih dan terbarukan yang tinggi. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM), potensi energi terbarukan yang dimiliki Indonesia untuk ketenagalistrikan mencapai 443 GW dimana energi air merupakan potensi terbesar kedua setelah energi surya dengan potensi pembangkitan sebesar 95 GW diantaranya 19 GW berasal dari mini dan mikrohidro [3]. Di antara potensi sumber daya energi terbarukan, energi dari air untuk memenuhi kebutuhan listrik (PLTA) telah memperoleh daya tarik tertinggi karena bersih, murah dan operasi yang ramah lingkungan. Ini bisa menjadi pilihan ekonomis terbaik untuk elektrifikasi pedesaan di negara-negara berkembang dan sangat penting untuk masa depan yang berkelanjutan [4].

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) memiliki beberapa jenis berdasarkan skala energi listrik yang dibangkitkan [5]. Pembangkit listrik tenaga air skala besar memiliki kapasitas lebih dari 100 MW, pembangkit listrik tenaga air skala menengah: 10–100 MW, pembangkit listrik tenaga air kecil (small) kurang dari 10 MW, pembangkit listrik tenaga mini hidro: 1000 - 100 kW, Pembangkit listrik mikrohidro: 5-100 kW dan Pico-hydro merupakan skala terkecil dalam pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas kurang dari 5 kW [6]–[8].

Pico-hydro memiliki keunggulan karena tidak membutuhkan head yang tinggi dan debit air yang tidak terlalu besar serta pekerjaan sipil yang relative mudah, dan investasi awal yang sangat murah. Maher et al. (2003) membandingkan sistem pico hidro dengan sistem fotovoltaik surya di Kenya dan menetapkan bahwa pico hydro lebih efektif biaya berdasarkan per-rumah tangga dengan biaya 15% lebih rendah per kWh karena daya dari pico hidro biasanya tersedia terus menerus [9].

Elektrifikasi pedesaan dengan rumah-rumah yang tersebar dan pemukiman yang menggunakan sistem tenaga listrik AC konvensional membutuhkan jalur distribusi dan peralatan distribusi yang panjang dan mahal. Selain itu, konsumsi listrik keluarga di daerah yang baru dialiri listrik biasanya sangat rendah sehingga biaya untuk pemasangan kabel rumah dan meteran pembatas arus terlalu tinggi dibandingkan dengan keuntungan yang diperoleh dari perusahaan listrik negara (PLN). Banyak desa hanya memiliki sumber daya air yang terbatas untuk pembangkit listrik. Untuk memenuhi kebutuhan daya ketika sebagian besar peralatan seperti lampu, TV dan radio, dinyalakan[10].

Permasalahan lain, pada pembangkit listrik head yang sangat rendah (di bawah 3 - 4 m) casing gulir tirus tidak disarankan karena membuat kecepatan tinggi pada saluran masuk ke turbin, yang menyebabkan tekanan yang sangat rendah terjadi. Ini mengarah pada dua masalah potensial: i) seal poros cenderung menghisap udara; ii) mungkin ada tekanan yang cukup rendah untuk terjadinya kavitasi. Kedua masalah ini serius karena menyebabkan penurunan efisiensi turbin dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada sudu turbin[11].

Berdasarkan tinjauan di atas, belum banyak aplikasi piko hidro low head untuk masyarakat pedesaan karena pembangunan pembangkit listrik jenis pico hydro banyak dilakukan oleh kelompok yang membutuhkan saluran transmisi tidak secara individu. Untuk itu penelitian kami bertujuan untuk merancang dan mengetahui unjuk kerja turbin baling-baling yang telah dibuat untuk diaplikasikan pada sungai dengan head rendah. Penelitian ini akan dilanjutkan untuk melakukan pengujian eksperimen agar mendapatkan hasil daya nyata pada desain turbin yang sudah di optimasi dan perlu dipertimbangkan juga penggunaan material turbin yang lebih murah seperti plastik, karena daya yang dibangkitkan pada PLTPH tidak terlalu besar dan untuk upaya efektifitas biaya.

## 2. PENELITIAN PICO HIDRO

Studi tentang desain turbin picohydro yang dicapai melalui standarisasi turbin picohydro telah banyak dilakukan sebelumnya. Pengembangan desain standar untuk pico-turbin propeller untuk produksi secara lokal di negara-negara berkembang dilakukan oleh Simpson dan Williams (2006). Pengujian turbin 5 kW dibangun di lokasi di Peru dan data kinerja keseluruhan desain turbin diperoleh dengan computational fluid dynamics (CFD)[11], [12]. B.Ho-Yan (2012) mendesain turbin propeller yang dirancang untuk memungkinkan pembangkitan listrik 250 W dengan tinggi head 2 m dan debit air 25 L/s. Pengujian turbin dilakukan di Cameroon dengan daya terukur maksimal 49 W (kurang dari 20% dari target pembangkit listrik) [13]. Proses pembuatan pico turbin secara lokal di negara-negara berkembang dapat menghasilkan efektivitas biaya dan untuk memenuhi target elektrifikasi dengan penyebaran teknologi pico-hydro di daerah terpencil/pedesaan [14].

Penelitian lainnya, turbin hidraulik dilakukan pada bilah turbin dengan profil datar memiliki beberapa sudut berbeda (30°, 45°, 60°). Jumlah bilah akan diterapkan untuk head di bawah 2 meter. Di sisi lain, karena aliran rendah adalah parameter lain yang perlu difokuskan sehingga nilai laju aliran air telah diatur ke 13 l/s. Alat analisis seperti

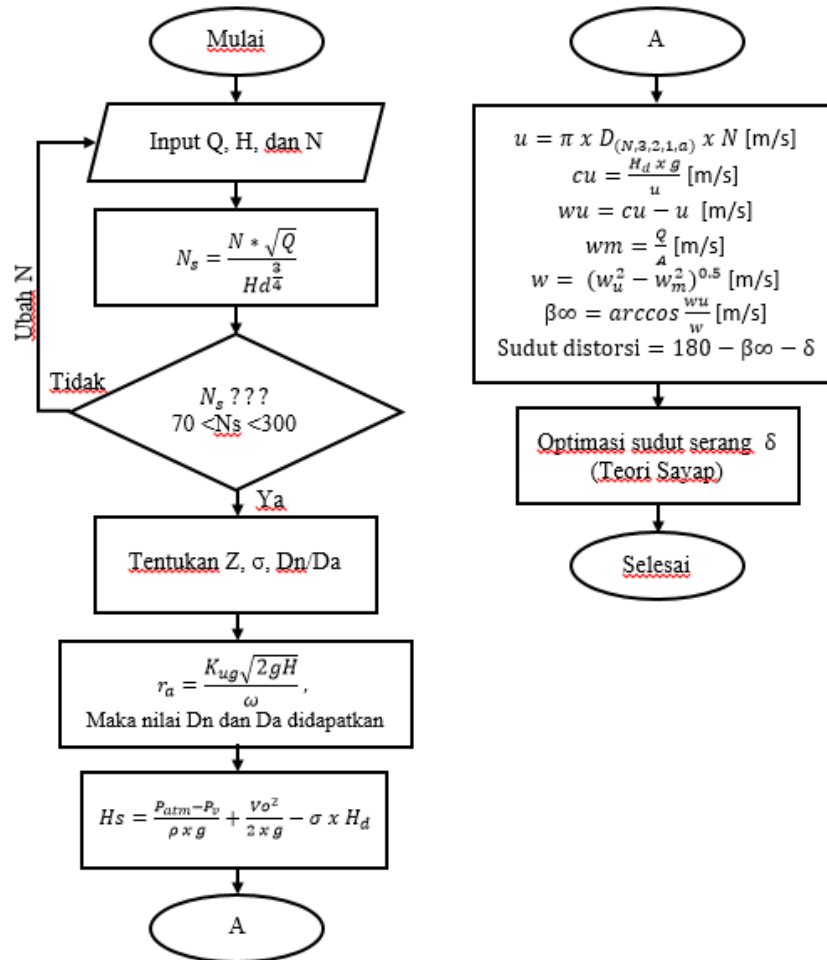
Computer Fluid Dynamic (CFD) diterapkan dalam penelitian ini untuk menentukan hasil yang paling optimal berdasarkan beberapa parameter yang telah ditentukan. Dari hasil akhir CFD, turbin 3 bilah dengan sudut  $30^\circ$  adalah kombinasi terbaik di antara parameter yang terlibat[15]. Evaluasi kinerja turbin propeller head rendah tanpa menggunakan baling-baling pemandu (guide vanes). Studi ini juga menganalisis tiga turbin dan pemilihan bilah turbin dengan ketebalan konstan (tanpa camber) dengan optimalisasi sudut bilah dan diameter hub menggunakan studi komputasi dari ANSYS CFX 16.2. bilah dengan ketebalan konstan dipilih berdasarkan distribusi torsi dengan sudut bilah  $12^\circ$  dan diameter hub 80 mm untuk fabrikasi dan pengujian. Pengujian dilakukan dengan pengukuran torsi menggunakan rem dinamometer. Prototipe diuji pada sebagian beban 0,615 dan efisiensi yang dihasilkan diperoleh menjadi 44 persen[16].

Penelitian lain membuat turbin propeller untuk di aplikasikan di sungai. Turbin sumbu horizontal ini beroperasi dalam berbagai aliran mulai dari 1.0 m/s hingga 1.7 m/s. Sistem ini menghasilkan daya 388 W pada aliran 1.7 m/s, menghasilkan efisiensi puncak 36% pada tip speed ratio 2.5. Daya yang diamati dari percobaan menunjukkan persetujuan positif, dengan kesalahan relatif kurang dari sekitar 3%, dengan prediksi numerik[17]. Selanjutnya pembuatan turbin propeller yang dirancang untuk memungkinkan pembangkitan listrik 250 W dengan tinggi head 2 m dan debit air 25 l/s. Pengujian turbin dilakukan di Cameroon dengan daya terukur maksimal 49 W (kurang dari 20% dari target pembangkit listrik)[13]. Proses pembuatan turbin skala pico hidro secara lokal di negara-negara berkembang dapat menghasilkan efektivitas biaya dan untuk memenuhi target elektrifikasi dengan penyebaran teknologi pico hidro di daerah terpencil/pedesaan [14]. Metodologi baru disajikan berdasarkan analisis teoretis, teknis, dan ekonomi. Studi kelayakan berfokus pada nilai daya kecil untuk turbin propeller tipe sistem pipa. Untuk menganalisis perilaku beberapa turbin dalam kondisi hidrolis yang berbeda, beberapa perbandingan antara tes laboratorium dan simulasi CFD dilakukan. Hasil yang disajikan adalah nilai yang menjanjikan dengan BEP (Best Efficiency Point) antara 80% hingga 90%[18].

Studi desain pico-turbin kaplan dan hasil pengembangan turbin dengan pendekatan kemampuan produksi di negara berkembang secara manual serta paradoks yang tampak untuk menggunakan teknik simulasi canggih untuk merancang turbin berbiaya rendah. Hasilnya, output daya mekanik 1 kW dicapai untuk aliran 0,057 m<sup>3</sup>/detik dengan turbin profil NACA sementara 0,067 m<sup>3</sup>/detik untuk turbin yang disederhanakan dengan desain yang dibuat[19]. Model turbin dan guide vane baru dari pico-turbin propeller dirancang untuk meningkatkan kinerja model runner lama yang ada. Dengan membandingkan hasil analisis CFD untuk model turbin lama dan baru, dapat diidentifikasi bahwa model baru mencapai efisiensi 84,0% yang 14% lebih tinggi daripada model lama[20].

### 3. METODE PERANCANGAN

Desain awal turbin didasarkan pada perhitungan dasar teori elemen bilah klasik untuk mendapatkan dimensi turbin. Selanjutnya dilakukan pengembangan bilah menggunakan teori sayap. Perhitungan dengan teori plat datar untuk mendapatkan daya prediksi dari turbin yang didesain. Apabila bilah turbin yang dibuat sudah optimal, selanjutnya analisis daya yang dihasilkan oleh turbin dengan menggunakan simulasi CFD. Berikut diagram alir dalam mendesain turbin yang dilakukan:

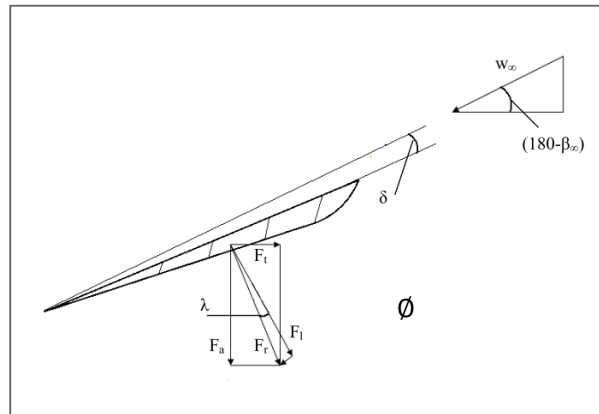


Gambar 1. Diagram alir desain turbin propeler skala piko hidro.

Ada empat parameter yang paling relevan dalam desain turbin dan ini adalah kepala net (H), laju aliran (Q), kecepatan rotasi turbin (N) dan efisiensi turbin ( $\eta$ ). Dua dari parameter ini (H dan Q) adalah data studi hidrologi dari sumber air, karena lokasi sungai jauh dari universitas maka data Q dan H diasumsikan, yaitu Debit air (Q) 0.066 [m<sup>3</sup>/s], Tinggi head desain (H) 2 [m] Efisiensi hidrolis ( $\eta_h$ ) 0.78 [23], Massa jenis air ( $\rho$ ) 998.00 [kg/m<sup>3</sup>], Gaya Gravitasi (g) 9.80 [m/s<sup>2</sup>], Kecepatan Putaran Turbin rpm (N) 1500 [min<sup>-1</sup>], maka Power Desain (PD) 1 kW.

### 3.1. Teori Sayap

Teori sayap (Tragflügeltheorie) dikembangkan oleh Ludwig Prandtl. Menurut "Tragflügeltheorie", gaya angkat/ lifting force  $F_l$  berlaku pada sudu turbin karena konfigurasi aliran paralel dan aliran sirkulasi, yang terjadi pada blade.



Gambar 2. Tragflügeltheorie (Teori Sayap)[24].

Oleh karena itu, nilai-nilai seperti koefisien angkat dan sudut serangan  $\emptyset$  juga memainkan peran penting dalam desain bilah. Koefisien ini dapat ditentukan melalui uji model. Dalam buku "Vesiturbiinit", hasil tes model tersebut ditampilkan. Dengan menggunakan hasil tes model, besarnya profil, chord dan distorsi yang tepat dari bilah dapat ditentukan[24].

Selanjutnya, untuk memahami karakteristik sudu pada "Tragflügeltheorie" terdapat beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut:

- Step 1 : koefisien angkat untuk setiap jari-jari dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\zeta_a = \frac{w_2^2 - w_\infty^2 + 2xg \left( \frac{P_{atm} - H_s - P_{min}}{\lambda} - \eta_s x \frac{C_3^2 - C_4^2}{2xg} \right)}{K x w_\infty^2} \quad [-] \quad (1)$$

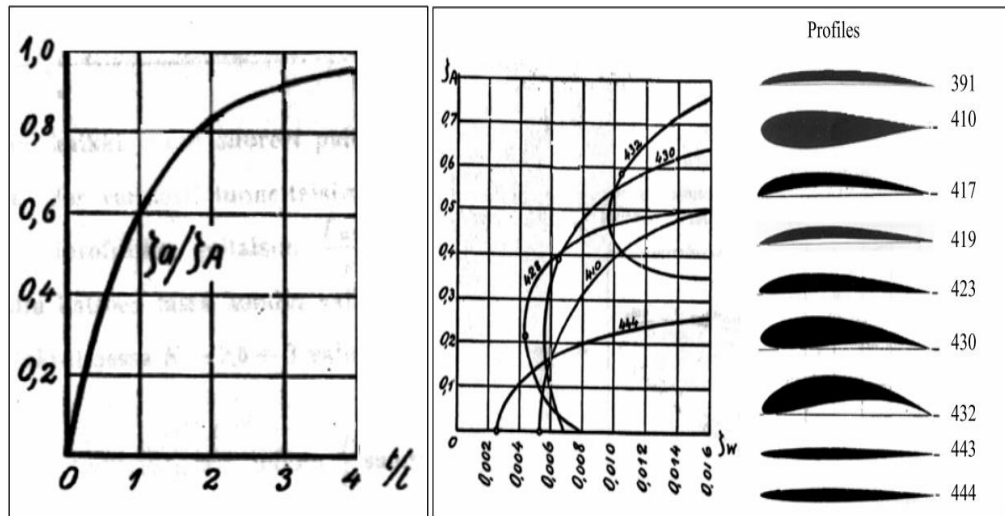
$w_2$  = kecepatan relatif setelah kisi [m/s],  $w_\infty$  = kecepatan relatif medial [m/s],  $P_{min}$  = Tekanan minimum air [Pa],  $\eta_s$  = efisiensi perubahan energi,  $C_3$  = kecepatan setelah turbin [m/s],  $K$  = nilai karakteristik profil.

- Step 2 : Ketika koefisien angkat diketahui, rasio  $l/t$  dapat ditetapkan sebagai berikut:

$$l/t = \frac{g x \eta_s x Hd}{w_\infty^2} x \frac{cm}{u} x \frac{\cos \lambda}{\sin(180 - \beta_\infty - \lambda)} x \frac{1}{\zeta_a} \quad [-] \quad (2)$$

Dimana:  $\lambda$  = sudut selip [°],  $cm$  = kecepatan meridian [m/s],  $(180 - \beta_\infty)$  = sudut inflow [°]. Dalam persamaan (17), sudut slip  $\lambda$  harus, diasumsikan, kisaran asumsi adalah sebagai berikut:  $\lambda = 2.5^\circ \div 3^\circ$ . Dengan menggunakan asumsi ini, nilai perkiraan rasio  $l/t$  dapat ditetapkan. Dalam buku *Hydraulische und thermische Kraft- und Arbeitsmaschinen* rasio  $t/l$  dapat diasumsikan 0.7[25] dan rasio  $t/l$  0.62 s./d. 0.87[26].

- Step 3 : nilai timbal balik dari rasio  $l/t$  harus ditetapkan. Melalui nilai kebalikan, rasio koefisien pengangkatan  $\zeta_a/\zeta_A$  dapat dibaca pada gambar 3 (kiri). Dengan menggunakan rasio ini, koefisien pengangkatan  $\zeta_A$  dapat ditentukan.
- Step 4 : Grafik pada gambar 3 (kanan) berikut memberikan informasi tentang drag koefisien  $\zeta_W$  dari profil yang berbeda.

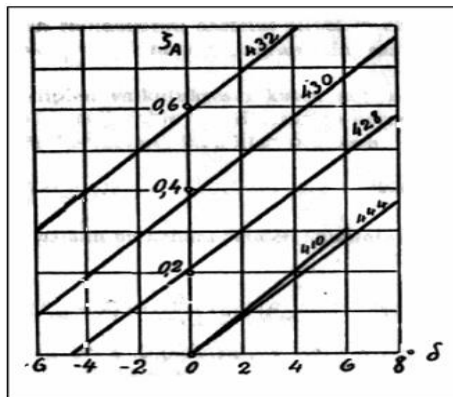


Gambar 3. Rasio  $\zeta_a/\zeta_A$  dan  $t/l$ (kiri), Rasio  $\zeta_A$  dan  $\zeta_W$  (kanan) [24], [25].

- Step 5 : Sudut slip dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\lambda = \arctan \frac{\zeta_W}{\zeta_A} [^\circ] \tag{3}$$

- Step 6 : Sudut serang  $\phi$  dari profil yang dipilih sekarang dapat ditetapkan dengan menggunakan gambar 4.



Gambar 4. Rasio  $\zeta_A$  dan  $\phi$  untuk profil yang berbeda[24], [25].

- Untuk mendapatkan sudut distorsi yang akurat, sudut  $\phi$  harus dikurangkan dari sudut  $(180-\beta^\infty - \phi)$ .

### 3.2. Teori Plat Datar

Daya turbin adalah variabel dependen yang terkait dengan torsi total dan rotasi turbin. Torsi turbin disebabkan oleh gaya angkat atau lift force (FL) dan gaya seret atau drag forcé (FD) pada permukaan bilah turbin. Gaya seperti itu dihasilkan dari interaksi antara aliran fluida dan permukaan blade. fluida mengalir di atas permukaan blade dan menghasilkan gaya angkat (FL) dan gaya seret (FD), yang masing-masing dihitung menggunakan koefisien angkat dan seret  $C_L$  dan  $C_D$ [27].

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho A W_1^2 \tag{4}$$

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho A W_1^2 \quad (5)$$

$$C_L = 2 \sin \phi \cos \phi \quad (6)$$

$$C_D = 2 \sin^2 \phi \quad (7)$$

Dimana,  $\rho$  adalah densitas air,  $W_1$  adalah kecepatan fluida relatif,  $A$  adalah bidang pada bagian blade, dan  $\phi$  adalah sudut serangan.

Maka torsi turbin adalah, dimana  $r$  adalah dimensi radial stasiun blade;

$$T = \sum (F_L \cos \beta_1 - F_D \cos \beta_1) r \quad (8)$$

Sehingga daya turbin dapat dihitung dengan persamaan;

$$P_t = T \times \omega \quad (9)$$

Atau, dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan [28]

$$P_t = \frac{T * 2\pi * n}{60} \quad (10)$$

Untuk menghitung Daya Turbin ( $P_r$ ), bisa menggunakan persamaan berikut ini, dimana  $\eta_g = 82\%$

$$P_r = P_t \times \eta_g \quad (11)$$

### 3.2. Daya Hilang

Daya hilang pada system PLTPH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$HL_{total} = HL_c + HL_v + HL_t + HL_{dt} + HL_o \quad (12)$$

Dimana,  $HL_c$  adalah daya hilang pada casing,  $HL_v$  adalah daya hilang efek pusaran yang dihasilkan oleh casing.  $HL_t$  adalah daya hilang sepanjang pusaran yang melewati turbin hingga ujung turbin.  $HL_{dt}$  adalah daya hilang pada drafttube.  $HL_o$  adalah daya hilang pada output aliran.

Daya hilang pada casing,  $HL_c$  dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy Weisbach sebagai berikut:

$$HL_c = f(L/D) \left( \frac{V^2}{g} \right) \quad (13)$$

Model hidrolis untuk mitigasi vortex didasarkan pada hukum persamaan fraude. Pada intake, gaya viskos dan tegangan permukaan (diwakili oleh Reynolds number dan Weber number)[29]. Dalam kisaran angka Froude yang dipertimbangkan dalam penelitian ini, hubungan antara  $\alpha$  dan  $F$  dapat diperkirakan sebagai linier, dan dapat digeneralisasi sebagai berikut[30].

$$HL_v = \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (14)$$

$$\alpha = -4.15F + 3.28K \quad (15)$$

Selanjutnya, head loss pada dafttube yang diperbesar akibat gaya gesek fluida terhadap dinding drafttube dihitung menggunakan persamaan belanger.

$$HL_{dt} = \frac{(d_2 - d_1)^3}{4 \cdot d_1 \cdot d_2} \quad (16)$$

Selanjutnya, head loss pada output dihitung menggunakan persamaan berikut

$$HLo = \frac{V^2}{2g} \quad (17)$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beberapa dimensi turbin terangkum dalam tabel 1,2, dan 3. Dimensi tersebut dijadikan acuan dalam mendesain turbin 3D dan untuk proses simulasi.

Tabel 1. Dimensi hub & tip turbin

Uraian	Simbol	Nilai	Satuan
Nilai faktor karakteristik turbin	$\sigma$	1.45	-
Jumlah Blade	$z$	4.00	-
Ratio Hub/Tip	$Dn/Da$	0.400	-
Diameter luar bilah turbin (Runner diameter)	$Dn$	0.151	[m]
Diameter dalam bilah turbin (Hub diameter)	$Da$	0.060	[m]

Tabel 2. Sudut distorsi bilah.

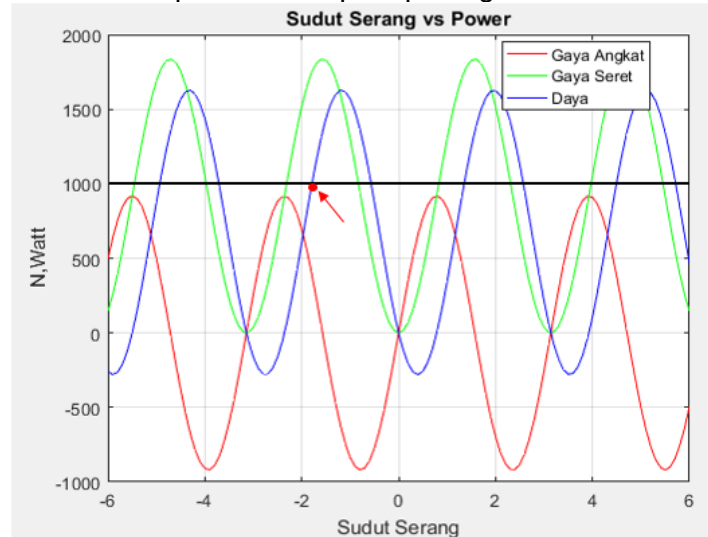
Uraian	5	4	3	2	1=Da	Satuan
$d$	0.151	0.128	0.105	0.083	0.060	[m]
$u$	11.83	10.05	8.28	6.50	4.73	[m/s]
$cu1$	1.66	1.95	2.37	3.02	4.15	[m/s]
$cu2$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	[m/s]
$cu^\infty$	1.66	1.95	2.37	3.02	4.15	[m/s]
$wu1$	-10.17	-8.10	-5.91	-3.49	-0.58	[m/s]
$wu2$	-11.83	-10.05	-8.28	-6.50	-4.73	[m/s]
$wu^\infty$	-11.00	-9.08	-7.09	-5.00	-2.66	[m/s]
$wm$	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	[m/s]
$w1$	11.08	9.22	7.37	5.62	4.45	[m/s]
$w2$	11.83	10.05	8.28	6.50	4.73	[m/s]
$w^\infty$	11.85	10.09	8.35	6.67	5.15	[m/s]
$\beta^\infty$	158	154	148	139	121	[°]
$(180-\beta^\infty)$	22	26	32	41	59	[°]

Tabel 3. Sudut Optimum Distorsi Bilah

Uraian	5	4	3	2	1=Da	Satuan
$\alpha$	-1.8	0	2	5	-	[°]
$(180-\beta^\infty-\alpha)$	24	26	30	36	59	[°]



Setelah mendapatkan sudut serang bilah. Daya prediksi optimum pada teori plat datar adalah sebesar 976 Watt dengan efisiensi 96.8%. Hubungan sudut serang dan daya yang dihasilkan dapat dilihat seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Sudut serang vs Daya.



Gambar 6. Desain 3D turbin.

Pada simulasi desain turbin menggunakan CFD ini, akan dilakukan simulasi pergerakan fluida kerja di dalam ruang turbin. Simulasi ini bertujuan untuk mengetahui beberapa parameter desain penting, seperti kecepatan aliran fluida kerja pada saat masuk dan keluar, debit fluida kerja, putaran Turbin, torsi Turbin dan daya yang dihasilkan. Software CFD yang di gunakan adalah software Autodesk CFD Ultimate. Beberapa input parameter CFD adalah sebagai berikut, material turbin SUS 304, Kecepatan aliran fluida desain 0.334 m/s, dan Nilai tegangan bahan 215 Mpa. Berikut hasil simulasi menggunakan CFD seperti pada gambar 7.

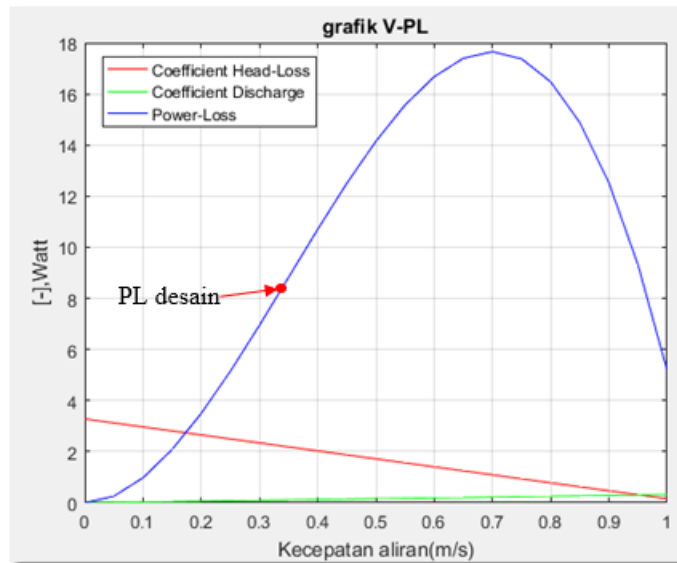
Tabel 4. Hasil simulasi CFD - Torsi dan putaran turbin.

Angular Displacement (deg)	Force (Newton)	Torque (N-m)	Hydraulic ForceX (Newton)	Hydrau
1.45643e-09	0	3.84971	33.9023	
1.54258e-09	0	-0.449429	2.66304	
1.63133e-09	0	3.25204	-0.389011	
1.72291e-09	0	3.54096	-0.380977	
1.81498e-09	0	0.607677	34.6142	
1.90876e-09	0	2.12864	13.6782	
2.00491e-09	0	2.97585	29.5122	
1.72291e-09	0	3.54096	-0.380977	

Setelah putaran Turbin dan torsi Turbin diketahui, dengan menggunakan persamaan 10. Bisa diketahui besarnya nilai Daya Turbin hasil simulasi adalah 800.4 Watt. Dengan menggunakan persamaan 11. Maka daya listrik yang dihasilkan adalah 656.3 Watt.

Kehilangan head pada casing,  $HL_c$  dapat dihitung menggunakan persamaan Darcy Weisbach sebagai berikut: Dimana,  $f$  adalah koefisien gesek casing yang didapat dengan moody chart. Dengan mengetahui kecepatan aliran air adalah  $V_1 = 0.338$  m/s, Diameter casing  $D_1 = 0.39$  m, Panjang casing  $L = 0.75$  m,  $e = 0.045$  (kekasaran plat casing), dan viskositas kinematic air  $\nu = 8.94 \times 10^{-7}$  serta percepatan gravitasi,  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>, didapat nilai  $HL_c$  adalah sebesar 0.0012 m.

Selanjutnya, kehilangan head  $HL_v$  pada pusaran dapat dihitung dengan persamaan fraude didapat 0.012 m. sedangkan head-loss akibat efek pusaran terbesar adalah 0.03 m. Akan tetapi setelah mencapai optimum head-loss pada kecepatan 0.7 m/s, penurunan terus terjadi. Seperti terlihat pada gambar 4.13  $C_d$  meningkat dengan penurunan  $\alpha$  (CHL). Hal ini sesuai dengan (J.Yang et.al 2014)  $C_d$  meningkat dengan penurunan  $\alpha$ , sehingga  $\alpha$  lebih rendah dan  $C_d$  lebih tinggi di berbagai debit [29]. Daya hilang terbesar akibat pusaran terjadi apabila kecepatan air mencapai 0.7 m/s, dengan daya yang hilang sebesar 17.6 Watt. Efisiensi akan berkurang 1.75% (akibat pusaran) dari Efisiensi keseluruhan. Pada penelitian ini, penulis mendesain kecepatan aliran adalah 0.34 m/s. Daya hilang berdasarkan kecepatan desain adalah 9 Watt dengan efisiensi hilang 1% seperti terlihat pada gambar 8.



Gambar 7. Daya hilang pada pusaran.

Selanjutnya, kehilangan head,  $HL_t$  sepanjang pusaran yang melewati turbin hingga ujung turbin dapat dihitung dengan persamaan Darcy Weisbach adalah  $0.061 m$ . Kemudian kehilangan head pada drafttube  $HL_{dt}$  yang diperbesar akibat gaya gesek fluida terhadap dinding drafttube dihitung menggunakan persamaan belanger sebesar  $0.014 m$ . Selanjutnya, Kehilangan head pada output dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$HL_o = V^2 / 2g = \frac{0.3^2}{2 * 9.8} = 0.004 m$$

Maka Kehilangan head total adalah sebagai berikut:

$$HL_{total} = 0.0012 + 0.012 + 0.061 + 0.014 + 0.004 = 0.0922 m$$

Maka daya hilang total

$$PL_{total} = \rho * Q * g * HL_{total} = 59.5 \text{ Watt atau } 6\%$$

Maka total daya dan efisiensi keseluruhan yang mungkin dihasilkan oleh system dapat diketahui dengan analisis perhitungan sebagai berikut:

$$P_{total} = (P_t - PL_{total}) * \eta_g = (976 - 59.5) * 0.82 = 751 \text{ Watt}$$

$$\eta_r = \frac{P_{total}}{P_D} * 100\% = \frac{751 \text{ Watt}}{1008 \text{ Watt}} * 100\% = 74.5 \%$$

Maka, Total daya yang mungkin dihasilkan dari perhitungan adalah  $751 \text{ Watt}$  dengan efisiensi keseluruhan sebesar  $74.5 \%$ . Dan total daya yang dihasilkan dari simulasi CFD adalah sebesar  $607.53 \text{ Watt}$  dengan efisiensi keseluruhan sebesar  $60.2\%$ .

## 5. KESIMPULAN

Turbin di desain untuk Head  $2 m$  dengan debit air  $0.066 m^3/s$ . Turbin dengan kapasitas  $1 kW$  yang memiliki dimensi hub  $0.06 m$  dan dimensi turbin  $0.151 m$ . Optimasi desain bilah turbin propeller mendapatkan sudut serang optimum  $-1.8^\circ$  dengan daya yang mungkin dihasilkan oleh turbin sebesar  $976 \text{ Watt}$  dan hasil simulasi CFD sebesar

800.4 Watt. Jika kecepatan air sesuai dengan asumsi desain, maka daya hilang akibat pusaran adalah 9 Watt atau efisiensi sistem akan berkurang hingga 1%. Total daya hilang secara keseluruhan pada fluida yang bergerak adalah 59.5 Watt atau efisiensi sistem akan berkurang hingga 6%. Total daya yang dihasilkan sistem PLTPH dari perhitungan adalah 751 Watt dengan efisiensi keseluruhan sebesar 74.5 %. Dan total daya yang dihasilkan dari simulasi CFD adalah sebesar 607.53 Watt dengan efisiensi keseluruhan sebesar 60.2%.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. M. A. Haidar, M. F. M. Senan, A. Noman, and T. Radman, 2012, ***Utilization Of Pico Hydro Generation In Domestic And Commercial Loads***, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 1, pp. 518–524.
2. Mohammad Akbari, 2016, ***Effect of Vortex in Kaplan Turbine-Using CFD A Case Study: Rosseries Power Plant***. SUDAN UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY
3. DEN, 2017, ***Perpres Nomor 22 Tahun 2017 Rencana Umum Energi Nasional***.
4. Erinofiardi et al., 2017, ***A Review on Micro Hydropower in Indonesia***, *Energy Procedia*, vol. 110, no. December 2016, pp. 316–321
5. Zuhud, S. I. Cahyono, and D. D. D. P. Tjahyana, 2018, ***Redesign Runner Turbin Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro Dengan Metode Reverse Engineering Melalui Pendekatan Teoritis***, *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 11, no. 2, p. 61
6. A. Lahimer, M. A. Alghoul, K. Sopian, N. Amin, N. Asim, and M. I. Fadhel, 2012, ***Research and development aspects of pico-hydro power***, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 16, no. 8, pp. 5861–5878
7. goleman Daniel, B. Richard, and Mckee, 2000, ***Low Head Pico Hydro Power: A Review Of Available Turbine Technologies***, *World Renew. Energy Congr. VI*
8. J. Susanto and S. Stamp, 2012, ***Local Installation Methods For Low Head Pico-Hydropower In The Lao PDR***, *Renew. Energy*, vol. 44, pp. 439–447
9. P. Maher, N. P. A. Smith, and A. A. Williams, 2003, ***Assessment Of Pico Hydro As An Option For Off-Grid Electrification In Kenya***, *Renew. Energy*, vol. 28, no. 9, pp. 1357–1369
10. S. Hermann, 2006, ***Design of a Micro-Hydro Powered Battery Charging System for Rural Village Electrification***, no. March. Oldenburg: Energy and Semiconductor Research Laboratory Department of Physics Faculty of Mathematics & Science Carl von Ossietzky University
11. R. Simpson and A. Williams, 2011, ***Design Of Propeller Turbines For Pico Hydro.*** pp. 1–15, 2011.
12. R. Simpson and A. Williams, 2006, ***Application Of Computational Fluid Dynamics To The Design Of Pico Propeller Turbines***, *Proc. Int. Conf. Renew. Energy Dev. Ctries*
13. Ho-Yan, 2012, ***Design of a Low Head Pico Hydro Turbine for Rural Electrification in Cameroon***. Ontario: The University of Guelph
14. K. Sopian and J. A. Razak, 2009, ***Pico Hydro: Clean Power From Small Streams***, *Proc. 3rd WSEAS Int. Conf. Energy Planning, Energy Saving, Environ. Educ. EPESE '09, Renew. Energy Sources, RES '09, Waste Manag. WWAI '09*, no. May 2015, pp. 414–419
15. M. M. Othman, J. Ab Razak, M. F. Bashar, N. S. Muhammad, and K. Sopian, 2014, ***CFD Analysis on the Flat Runner Blades of Propeller's Turbine under Low Head and Low Flow Condition***, *Appl. Mech. Mater.*, vol. 699, pp. 437–442

16. M. Koirala, B. Tiwari, M. Khanal, P. Pathak, and R. Chaulagain, 2018, ***Design , CFD Analysis , Fabrication , Testing and Efficiency Evaluation of Low Head Pico-Propeller turbine Without Guide Vanes Design , CFD Analysis , Fabrication , Testing and Efficiency Evaluation of Low Head Pico-Propeller turbine Without Guide Vanes***, Proc. IOE Grad. Conf. 2017, vol. Volume: 5, no. January 2017, p. ISSN: 2350-8914.
17. Jacob Daniel Riglin, 2016, Design, ***Manufacture and Prototyping of a Hydrokinetic Turbine Unit for River Application***, Lehigh University
18. H. M. Ramos, A. Borga, and M. Simão, 2009, ***New Design Solutions For Low-Power Energy Production In Water Pipe Systems***, Water Sci. Eng., vol. 2, no. 4, pp. 69–84
19. M. Chiarelli, L. Favre, N. El Hayek, E. L. Niederhauser, and L. Donato, 2019, ***Design Of A New Kaplan Pico-Turbine Runner Bades***, IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 240, no. 4
20. V. L. Vu, Z. Chen, and Y.-D. Choi, 2018, ***Design and Performance of a Pico Propeller Hydro Turbine Model***, KSFM J. Fluid Mach., vol. 21, no. 3, pp. 44–51
21. R. A. Subekti, A. Susatyo, and P. Irasari, 2011, ***Perancangan Dan Analisis Prototip Unit Turbin-Generator Tipe Submersible Skala Piko Hidro Untuk Aplikasi Pada Aliran Sungai Datar***, Pus. Penelit. Tenaga List. dan Mekatronik LIPI, vol. 1, pp. 1–13, 2011.
22. S. B. S. Nasution, Warjito, Budiarmo, and D. Adanta, 2018, ***A Comparison Of Openflume Turbine Designs With Specific Speeds (Ns) Based On Power And Discharge Functions***, J. Adv. Res. Fluid Mech. Therm. Sci., vol. 51, no. 1, pp. 53–60, 2018.
23. W. S. Ebhota and F. Inambao, 2016, ***Design basics of a small hydro turbine plant for capacity building in Sub-Saharan Africa***, African J. Sci. Technol. Innov. Dev., vol. 8, no. 1, pp. 111–120.
24. T. Flaspöhler, 2007, ***Design of the runner of a Kaplan turbine for small hydroelectric power plants Supervisor***
25. K. Menny, 2005, ***Hydraulische und thermische Kraft-und Arbeitsmaschinen***. Ronnenberg
26. M. Polák, V. Polák, and M. Hudoušková, 2016, ***Verification of model calculations for the Kaplan turbine design***, TAE 2016 - Proc. 6th Int. Conf. Trends Agric. Eng. 2016, pp. 490–499.
27. K. Wright and D. H. Wood, 2004, ***The starting and low wind speed behaviour of a small horizontal axis wind turbine***, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., vol. 92, no. 14–15, pp. 1265–1279.
28. Herry Susanto, 2017, ***Desain Turbin ORC (Organic Rankine Cycle) untuk Sistem Pembangkit Listrik Bersumber Energi Terbarukan Dengan Panas Rendah***. Universitas Darma Persada.
29. J. Yang, P. Andreasson, C. M. Högström, and P. Teng, 2018, ***The Tale of an Intake Vortex and its Mitigation Countermeasure: A Case Study From Akkats Hydropower Station***,” Water (Switzerland), vol. 10, no. 7, pp. 1–14
30. J. Yang, T. Liu, A. Bottacin-Busolin, and C. Lin, 2014, ***Effects of intake-entrance profiles on free-surface vortices***, J. Hydraul. Res., vol. 52, no. 4, pp. 523–531

## STUDI LITERATUR TINJAUAN PENGGUNAAN GENERATOR PACKAGE SET DARURAT PADA SEBUAH KAPAL

Danny Faturachman<sup>1</sup>, Shahrin Febrian<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Dosen Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Landing Craft Tank (LCT) is a type of attack landing craft to ship tanks on the waterfront. In general, LCT 415 Gross Tonnage (GT) ships are not ready to sail using emergency generators. According to Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) rules, only ships with more than 500 GT are required to have an emergency generator package. However, for the LCT 415 GT to gained higher level of safety, the ship is equipped with an emergency generator package installation. This generator is used as an electric power source which is used by the ship's compass in off condition. The purpose of this study wants to learned the electrical power requirements on the LCT 415 GT to determine the required emergency generator package specifications and provide an overview of the generator's placement on the main deck. Emergency generator packages are arranged to improve ship safety, crew and cargo. In an emergency, LCT 415 GT ships required a total power of 29,9408 kW. The basic package of emergency generator set selection is based on the total emergency power following BKI regulations as well as the generator safety engine package set when extreme weather conditions.*

**Keyword:** BKI Regulation, Emergency Generator Package Set, LCT 415 GT

### LATAR BELAKANG

Generator adalah merupakan permesinan bantu di kapal berfungsi untuk menyuplai segala kebutuhan listrik yang ada diatas kapal. Sedangkan genset atau *generator set* adalah salah satu mesin yang dapat merubah energi panas (hasil pembakaran) menjadi energi mekanik (gerak), sebagai bahan bakarnya menggunakan minyak yang berkadar rendah (solar) dan untuk membakar minyak tersebut menggunakan udara bertekanan tinggi. Untuk membangkitkan listrik sebuah mesin *diesel* menggunakan generator dengan sistem penggerak tenaga diesel. Pada kapal, genset biasa digunakan sebagai sumber tenaga untuk berbagai kebutuhan elektrik pada kapal seperti lampu, alat navigasi, pompa, dan berbagai peralatan lainnya.

Kondisi *black out* pada kapal adalah suatu kondisi dimana sumber tenaga penggerak utama, permesinan bantu, dan peralatan lainnya pada kapal tidak beroperasi karena tidak adanya pasokan listrik yang disebabkan oleh kegagalan pada sistem kelistrikan. Apabila *black out* terjadi pada kapal, diperlukan *generator set* yang mampu memasok listrik ke peralatan-peralatan krusial pada kapal. Berdasarkan regulasi BKI *Vol IV Section 3*, kapal dengan ukuran 500 GT diwajibkan untuk memasang *generator set* untuk kondisi *emergency*. Kapal LCT 415 GT tidak diwajibkan untuk memasang *emergency generator set*. Namun pemasangan *generator set* diperbolehkan untuk meningkatkan nilai keselamatan. Sistem pada *generator set* dibuat aktif secara otomatis agar kapal tidak berada dalam kondisi *black out* dalam waktu yang lama. Maka dari itu penulis memilih judul dengan tema tersebut.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1. Sistem Pembakaran Mesin

Berdasarkan klasifikasi, sistem pembakaran mesin terbagi menjadi empat, yaitu:

- a. Berdasarkan kegunaan  
Mesin dikategorikan berdasarkan cara penggunaannya, seperti penggunaan propulsi kapal dan alat pembantu pada kapal, penggunaan generator, kompresor dan pompa pada industri. Pada skala internasional, sistem pembakaran mesin untuk pembangkit tenaga akan terus menjadi adaptasi dari produsen produksi tinggi otomotif, traksi dan mesin kelautan.
- b. Berdasarkan kecepatan  
Klasifikasi ini sangat umum digunakan dikarenakan kecepatan putaran poros engkol pada dasarnya menentukan bobot dan ukuran mesin dalam kaitannya dengan daya keluarannya.
- c. Berdasarkan desain  
Mesin dapat di subklasifikasi sehubungan dengan fitur desain yang digunakan, yaitu:
  - a. Siklus kerja (*four-stroke* atau *two-stroke*)
  - b. *Piston action/piston connection*
  - c. Pengaturan silinder
  - d. Jenis bahan bakar yang digunakan (seperti cairan, gas, *dual fuel*, dan lain-lain)
  - e. Cara udara dimasukkan ke dalam silinder (baik pada tekanan *ambient* atau tekanan tinggi)
- d. Berdasarkan ukuran  
Klasifikasi berdasarkan ukuran saling berhubungan dengan berbagai faktor, seperti dimensi silinder, jumlah silinder, kecepatan dan tekanan efektif rata-rata.

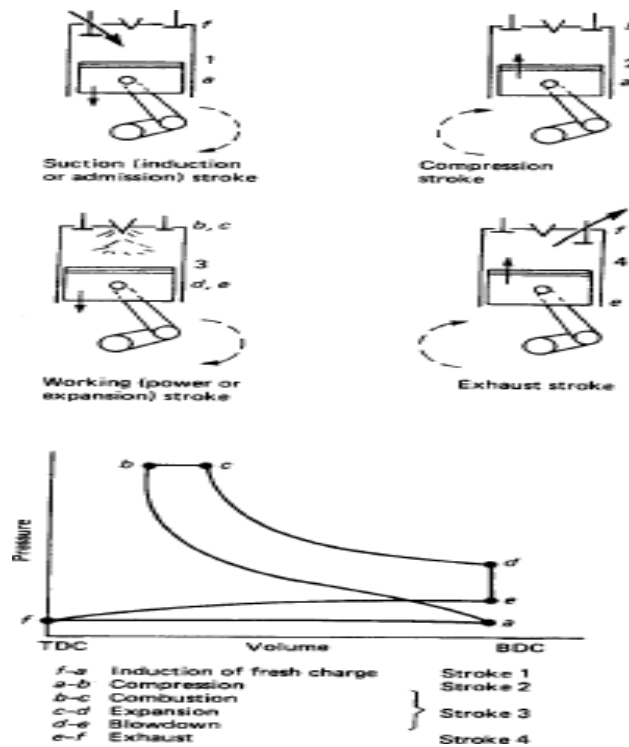
### 2.2. Siklus Kerja

Mesin pembakaran dapat berupa penyalaan sendiri atau pengapian tidak langsung. Perbedaan yang menonjol antara proses pembakaran akan dijelaskan nanti.

Kompresi pengapian dan mesin percikan dapat diatur untuk berjalan di salah satu dari dua siklus tersebut. Ini secara diagram diwakili dalam Gambar 1. dan Gambar 2.; bersama dengan diagram indikator yang sesuai, yang menggambarkan peristiwa dalam silinder mesin selama setiap siklus.

Dalam siklus empat langkah pengapian bahan bakar terjadi di setiap revolusi poros engkol lainnya. Mesin yang menggunakan siklus ini bekerja dari bahan bakarnya selama satu langkah dalam empat langkah (Gambar 2.). *Stroke* bekerja sekali dalam setiap dua putaran. Sebaliknya, mesin dua langkah memiliki gerakan yang baik di setiap putaran poros engkol (Gambar 2.).

Walaupun mesin dua langkah umumnya lebih ringan dan lebih kecil ukurannya daripada mesin empat langkah dengan *output* yang sama, karena mesin dua langkah memiliki tenaga dua kali lebih banyak, begitupun mesin empat langkah akan menghasilkan tenaga dua kali lipat.

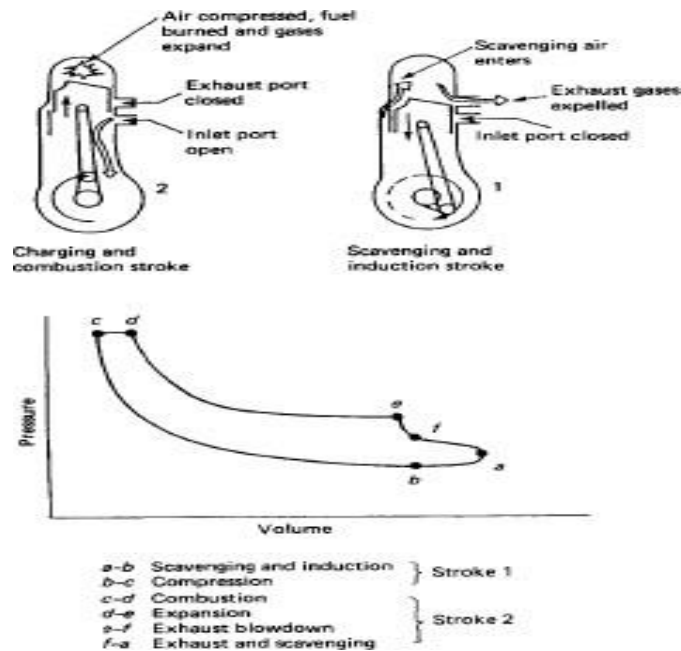


Gambar 1. *Four-Stroke Cycles*

*Downstroke* mesin dua langkah menggabungkan tenaga dan pembuangan uap. Saat *port intake* dan *exhaust* dibersihkan oleh *piston*, terjadi pencampuran udara segar dan gas yang terbakar. Tidak semua gas terbakar habis, yang mencegahmuatan udara segar lebih besar diinduksi ke dalam silinder. Oleh karena itu, *stroke* daya yang dihasilkan memiliki daya dorong yang lebih sedikit.

Pada mesin empat langkah, hampir semua gas yang terbakar dipaksa keluar dari ruang bakar oleh *piston* yang bergerak ke atas. Ini memungkinkan hampir campuran udara/bahan bakar penuh untuk memasuki silinder, karena *stroke piston* dikhususkan untuk induksi campuran. Oleh karena itu, *power stroke* menghasilkandaya yang relatif lebih besar daripada *two-cycle counterpart*.





Gambar 2. Two-Stroke Cycles

### 2.2.1. Siklus Empat Langkah

Dalam siklus empat langkah, udara ditarik ke dalam silinder melalui katup masuk saat piston bergerak ke bawah dalam langkah hisapnya seperti pada Gambar 2.1. Katup masuk menutup dan *piston* bergerak ke atas untuk mengompres udara di dalam silinder. Dekat akhir langkah ini, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder. Tekanan udara dikompresi memastikan bahwa suhu yang cukup tinggi dicapai dalam silinder untuk memberikan pengapian spontan yang cepat dari bahan bakar yang disuntikkan. Pada akhir langkah, katup buang menutup, katup masuk terbuka, dan siklus empat langkah diulang.

### 2.2.2. Siklus Dua Langkah

Mesin dua langkah dapat menggunakan katup atau mereka dapat menggunakan *port* di dinding silinder. Silinder dari tipe yang terakhir ditunjukkan secara diagram pada Gambar 2.2. Pergerakan ke bawah *piston* pada langkah kerja menyingkap *port* saluran buang dan lubang masuk. Ini memungkinkan udara pembilasan, yang sebelumnya telah dimasukkan ke sisi bawah piston melalui *port inlet*, untuk mengeluarkan gas buang melalui *port exhaust*. *Piston* naik mencakup kedua *port*. Udara dikompresi dan dipanaskan dengan cepat, dan diinjeksi bahan bakar, seperti pada siklus empat langkah. Langkah kerja kemudian dimulai. Perhatikan, bahwa beberapa bahan bakar baru hilang dengan gas bekas; dan bahwa beberapa gas tetap berada dalam silinder, untuk mencemari muatan bahan bakar segar berikutnya.

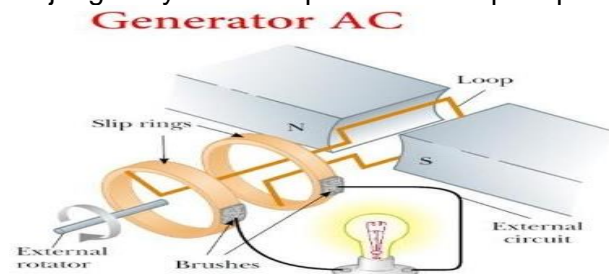
### 2.2.3. Generator

Generator adalah mesin listrik yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi magnet. Generator memiliki dua jenis, yaitu generator AC dan generator DC.

#### 2.2.3.1. Generator AC

Prinsip induksi magnet adalah saat sebuah konduktor digerakkan pada medan

magnet sehingga konduktor memotong *flux magnetic* menimbulkan tegangan. Peristiwa ini menimbulkan listrik dalam siklus: positif-nol-negatif-nol (AC) atau disebut *alternator* adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (elektrik) dengan perantara induksi medan magnet. Prinsip dasar *generator* arus bolak-balik menggunakan hukum Faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada pada medan magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik. Listrik AC dihasilkan dari hasil induksi elektromagnetik, sebuah belitan kawat yang berdekatan dengan kutub magnet permanen. Kutub permanen diputar pada sumbunya, maka diujung-ujung belitan timbul tegangan listrik yang ditunjukkan oleh penunjukan jarum V meter. Jarum V meter bergoyang ke arah kanan dan ke kiri, ini menunjukkan satu waktu polaritasnya positif, satu waktu polaritasnya negatif. Perubahan energi ini terjadi karena adanya perubahan medan magnet pada kumparan jangkar (tempat terbangkitnya tegangan pada *generator*). Kumparan medan pada *generator* AC terletak pada *rotor*nya sedangkan kumparan jangkarnya terletak pada *stator* seperti pada gambar berikut:

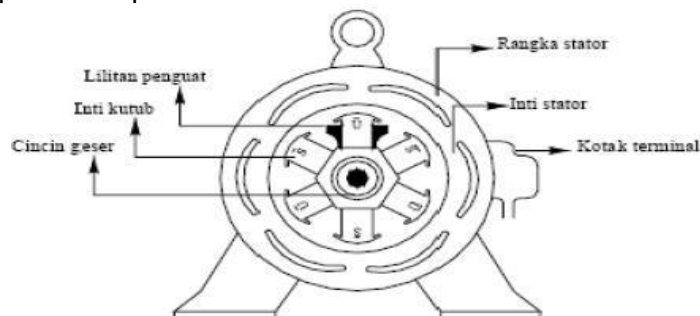


Gambar 3. *Generator* AC dengan Rotor sebagai Penghasil Tegangan

*Generator* terpasang satu poros dengan motor diesel, yang biasanya menggunakan *generator* sinkron (*alternator*) pada pembangkitan. *Generator* ini kapasitasnya besar, medan magnetnya berputar karena terletak pada *rotor*. Berikut adalah konstruksi *generator* AC:

1. Rangka *stator*
2. *Stator*
3. *Rotor*
4. Cincin geser
5. *Generator* penguat

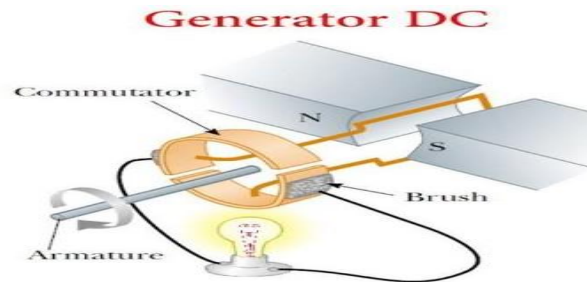
Pada umumnya *generator* AC ini dibuat sedemikian rupa, sehingga lilitan tempat terjadinya GGL induksi tidak bergerak, sedangkan kutub-kutub akan menimbulkan medan magnet berputar. *Generator* itu disebut dengan generator berkutub dalam, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 4. Konstruksi *Generator* Berkutub

### 2.2.3.2. Generator DC

Generator DC adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah (Ref. 16, Hal. 2). Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Pada kapal biasanya digunakan *generator AC* atau lebih dikenal dengan istilah *alternator* seperti pada gambar:



Gambar 5. *Generator DC* dengan Rotor sebagai Penghasil Tegangan lalu disalurkan dengan Sebuah Kawat Angker Penghantar Listrik

### 2.2.4. Persamaan dan Perbedaan Generator AC dan DC

*Generator DC* maupun *AC* memiliki konstruksi dasar berupa konduktor sebagai penghasil tegangan dan sebuah bagian yang menghasilkan medan magnet. Sebagai representasi dari kedua bagian tersebut, setiap *generator* memiliki *rotor* dan *stator*. *Rotor* merupakan bagian yang berputar dan *stator* merupakan bagian yang diam. Pada *generator DC*, penghasil tegangan adalah *rotor* sedangkan pada *generator AC*, baik *rotor* maupun *stator* dapat menghasilkan tegangan.

Untuk *generator AC* dengan *rotor* sebagai penghasil tegangan, konstruksi hampir sama dengan *generator DC* hanya saja tegangan yang dihasilkan tidak disearahkan dengan komutator melainkan langsung dialirkan melalui *slip ring* dan arus penguat dialirkan menuju bagian *stator*. *Generator* dengan tipe seperti ini biasanya digunakan untuk memasok kebutuhan listrik yang tidak besar. Untuk *generator AC* dengan *stator* sebagai penghasil tegangan, arus penguat dialirkan menuju *rotor* sehingga saat *rotor* berputar, terjadi medan putar. Keuntungan sistem ini adalah tegangan yang dihasilkan dapat langsung dihubungkan dengan beban listrik dan dapat mengurangi resiko *short circuit* karena tidak menggunakan *slip ring* ataupun sikat arang sebagai pengalir tegangan yang dihasilkan, karena *slip ring* dan sikat arang merupakan komponen yang sulit untuk diisolasi.

#### 2.2.4.1. Generator Set

*Generator set* memiliki prinsip kerja mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, maka diperlukan penggerak untuk memutar rotor *generato*. Sumber energi mekanik ini dapat berupa turbin uap, turbin air, ataupun motor diesel. Gabungan antara *generator* dengan penghasil energi mekaniknya disebut dengan generator set.

#### 2.2.5. Black Out/Keadaan Darurat pada Kapal

*Black Out* adalah kondisi dimana listrik mengalami suatu gangguan atau masalah yang terjadi akibat kelebihan, ketidakmampuan suatu tegangan listrik dan arus yang mengalir terlalu tinggi atau besar. Contoh gagalnya sistem kelistrikan ini cukup banyak, seperti genset utama mengalami kerusakan, peralatan sistem kontrol mengalami kerusakan, *short circuit*, dan lain-lain.

### 2.2.6. Regulasi Biro Klasifikasi Indonesia

Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) adalah agen klasifikasi nasional yang bertugas membuat klasifikasi kapal komersial di Indonesia maupun kapal asing yang beroperasi secara teratur di perairan Indonesia. BKI didirikan dengan menerapkan standar teknik dalam kegiatan desain dan konstruksi serta survei maritim terkait dengan fasilitas terapung, termasuk kapal dan konstruksi lepas pantai. BKI melakukan klasifikasi kapal berdasarkan konstruksi lambung, mesin dan instalasi listrik dalam upaya untuk mengevaluasi kemampuan kapal untuk berlayar.

## 3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode penelitian deskriptif dengan berdasarkan kepada:

### 1. Pengumpulan data.

Pengumpulan data penelitian dilakukan dengan pengajuan permintaan data ke pemilik kapal LCT Trijaya Bravo 415 GT.

### 2. Analisis data.

Data yang diperoleh dari pemilik digunakan sebagai referensi untuk melakukan studi literatur desain kapal. Kemudian, data diolah menggunakan *Excel* untuk mendapatkan nilai perhitungan beban listrik untuk kapal LCT 415 GT. Data tersebut dipakai sebagai dasar pemilihan *generator package set* yang sesuai.

### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengujian pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada yang dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juli 2020.

## 3.2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.2.1. Data Kapal

Data-data yang diperlukan untuk memenuhi tugas akhir ini didapatkan dengan pengajuan permohonan data ke perusahaan *owner* kapal yang sedang diteliti. Setelah itu didapatkan data kapal sebagai berikut :

- |    |                           |  |
|----|---------------------------|--|
| 1. | <i>Ship Name</i>          | : LCT. TRIJAYA BRAVO   |
| 2. | <i>Ship Type</i>          | : <i>Ships for the Carriage of Motor Vechicles</i>                                     |
| 3. | <i>Length Over All</i>    | : 56,15 M  |
| 4. | <i>Length Water Line</i>  | : 52,00 M  |
| 5. | <i>Length Between P.P</i> | : 50,50 M  |
| 6. | <i>Breadth Moulded</i>    | : 9,40 M   |
| 7. | <i>Depth Moulded</i>      | : 2,85 M   |
| 8. | <i>Gross Tonage</i>       | : 415 Ton  |
| 9. | <i>Main Generator</i>     | : 2 <i>Units gensets operated, AC 380V/220V, 3Ph, 50Hz 4 Wire 100 Kw, 125KVA, 190A</i> |

### 3.2.2. Hasil Analisa Perhitungan Kebutuhan Daya dalam Keadaan *Emergency*

Tabel 1. Kebutuhan Daya Pada Kondisi Darurat  
Sumber: perhitungan pribadi

No.	Peralatan	Daya (kw)	Jumlah	Total Daya (kw)	Merk	Type
1	Radio equipment	0,5	1	0.500	JRC	JSS-2500
2	Giro kompas dan pilot	0,05	1	0.050	JRC	APLHATRON Marine
3	Echo Sounder	0,3	1	0.300	Furono	LS 6100
4	General Alarm	0,05	1	0.050	Aqualarm	
5	Integratede Communication	0,06	1	0.060	JRC	Aplhaconnect 48
6	<b>Radar</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4.000</b>	<b>JMA</b>	<b>JMA-1032</b>
7	AIS and motor horn	0,05	1	0.050	JRC	JHS-183
	Navigation Devices			5.010		
1	Mast Head Light	0,04	1	0.040	WISKA	AS-760-WH-24-PB
2	Acnhor Light	0,01	1	0.010	EVAL	
3	Port Sidde Light (red)	0,0008	1	0.008	OSCULATI	
4	Stern Light	0,13	1	0.130	WISKA	DAS-760-WH-230/230-PB
5	<b>StarBoard Side Light (green)</b>	<b>0,025</b>	<b>1</b>	<b>0.025</b>	<b>VETUS</b>	<b>SB55VN</b>
6	Morse Light	0,01	1	0.010	PERKO	
7	Search Light	1	1	1.000	HALOGEN	PSHR-1K
8	Emergency Lightning	0,048	20	0.960	KHJ	Ex-KSF481200
	Navigation Lightning			2.175		
9	Fire and smoke detector	0,0035	10	0.035	Squashni	
10	Fire alarm sytem Alarm & Detector	0,37	1	0.370	Minerva	
				0.405		
11	Exhaust Blower Fan	1,5	2	3.000	Hi-Sea	CWL-180G
12	Supply Blower Fan	2,2	2	4.400	Hi-Sea	CWL-200G
	Ventilation Engine Room			7.400		
13	Exhaust Blower Fan	0,06	1	0.060	Hi-Sea	CWL-100D
14	Supply Blower	0,09	1	0.090	Hi-Sea	CWL-100G

	Fan					
	Ventilation For Galley			0.150		
15	Exhaust Blower Fan	0,12	1	0.120	Hi-Sea	CWL-160D
16	Supply Blower Fan	0,37	1	0.370	Hi-Sea	CWL-180D
	Ventilation Steering Room			0.500		
17	Transfer Fuel Pump	1,5	1	1.500	Azcue	CA-80/7A
18	Oily Water Separator	0,8	1	0.800	RWP-VEOLIA	0.1
19	Pompa Dinas Umum & Kebakaran	4	3	12.000	Azcue	CA-50/5A
	<b>Pump</b>			<b>14.300</b>		
<b>TOTAL</b>					<b>29.940 kW</b>	

### 3.3.3. Pemilihan *Emergency Generator Set*

*Emergency generator set* merupakan permesinan bantu yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik dalam kondisi darurat. Dasar pertimbangan dalam pemilihan mesin *emergency generator set* adalah total daya perangkat kapal yang dibutuhkan disaat darurat sesuai dengan regulasi BKI *Volume IV Section 3 Power Supply Installation*. Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan daya dalam kondisi darurat pada kapal LCT 415 GT adalah 29,940 kW. Perkins *emergency generator set* memiliki spesifikasi daya 30 kW dalam sistem 3-phase. Hal ini menunjukkan bahwa mesin ini dapat digunakan sebagai salah satu *emergency generator package set* untuk kapal LCT 415 GT. Selain itu, mesin ini memiliki *casing* pada generator, yang dapat menjamin keamanan mesin *generator* dalam kondisi cuaca ekstrim. Berikut dibawah ini spesifikasi mesin *generator package set* merk Perkins.



Gambar 6. Perkins *Emergency Generator Set*  
Sumber: Perkins

Tabel 2 . Spesifikasi Perkins *Emergency Generator Set*  
Sumber: Perkins

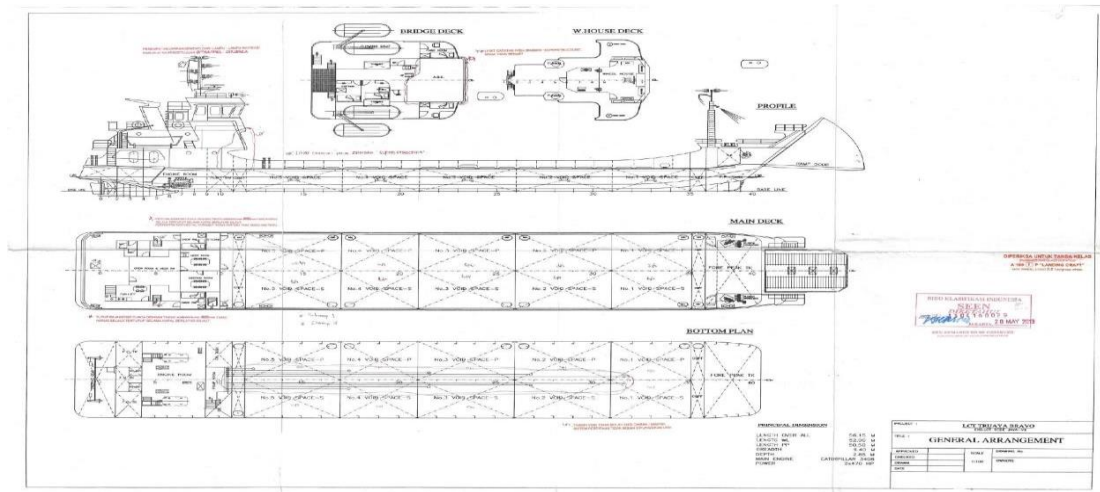
<b>Engine Make</b>		Perkins
<b>Model</b>		1103A-33G
<b>Engine Speed</b>	RPM	1800
<b>Engine Power Output at rated rpm</b>	kWm	36.5
	HP	48.9
<b>Cooling</b>		<i>Radiator Cooled</i>
<b>Aspiration</b>		<i>Natural</i>
<b>Total Displacement</b>	Liter	3.3
<b>No. of Cylinders and Build</b>		3-inline
<b>Bore and Stroke</b>	mm x mm	105 x 127
<b>Compression Ratio</b>		19 : 25 : 1
<b>Governor</b>		<i>Mechanical</i>
<b>Fuel Consumption (L/hr)</b>	Full Load	8.6
	75% Load	6.6
	50 % Load	4.9
<b>Fuel Tank Capacity(Non-UL)</b>	Liter	130 Open / 180 SAE
<b>Oil Capacity</b>	Liter	8.3
<b>Coolant Capacity</b>	Liter	10.2
<b>Radiator Cooling Air</b>	m <sup>3</sup> /min	70

#### 3.3.4. General Arrangement

*General arrangement* adalah perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan tersebut salah satunya adalah ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Selain itu, perencanaan ini juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya. Menurut *Ship Design and Construction*, karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain :

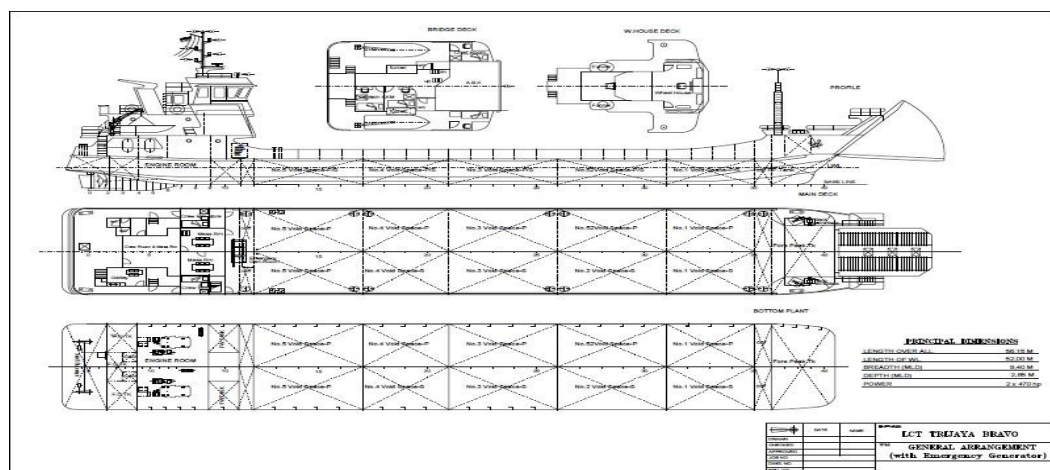
- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup.

Berdasarkan data yang diperoleh, kapal LCT 415 GT memiliki desain *general arrangement* seperti pada Gambar 7. Desain ini merupakan gambaran representatif kapal sebelum penggunaan *generator package set*.

Gambar 7. *General Rearrangement* Kapal LCT. 415 GT

Sumber : PT Indoliziz Marine

Berdasarkan perencanaan, *generator package set* akan diletakkan pada geladak utama kapal. Geladak utama kapal merupakan daerah terbuka yang memudahkan terjangkaunya akses dalam pengoperasian *generator* dalam kondisi darurat. berikut dibawah ini modifikasi *generator arrangement* kapal LCT 415 GT setelah pemasangan *emergency generator package set*.

Gambar 8. Modifikasi *General Arrangement* Kapal LCT. 415 GT

Sumber : PT Indoliziz Marine

#### 4. KESIMPULAN

1. Kapal LCT 415 GT membutuhkan total daya darurat sebesar 29,940 kW.
2. Terdapat modifikasi pada *one-line diagram* LCT 415 GT dikarenakan pemasangan *emergency generator package set*.
3. Dasar pemilihan *emergency generator package set* adalah berdasarkan total daya darurat sesuai dengan regulasi BKI serta keamanan mesin *generator package set* saat kondisi cuaca ekstrim.



4. *Emergency generator package set* pada LCT 415 GT diletakkan pada geladak terbuka sesuai dengan regulasi BKI agar mudah diakses dalam kondisi kebakaran atau insiden lain.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Alfith, 2017, ***Optimalisasi ATS (Automatic Transfer Switch) pada Genset (Generator Set) 2800 Watt Berbasis TDR***, Seminar Nasional Peranan Ipteks Menuju Industri Masa Depan (pp. 226-232), Institut Teknologi Padang, Padang
2. American National Standard Institute, 1966, ***Electrical and Electronics Diagrams***, The American Society of Mechanical Engineers, New York
3. Augmented, S. L, 2016, (June 26), ***An Introduction of Electric Motors***, Retrieved from [https://www.st.com/content/ccc/resource/sales\\_and\\_marketing/presentation/application\\_presentation/group0/23/a1/94/a3/39/cf/4c/37/introduction\\_to\\_electric\\_motors\\_pres.pdf/files/introduction\\_to\\_electric\\_motors\\_pres.pdf/jcr:content/translations/en.introducti](https://www.st.com/content/ccc/resource/sales_and_marketing/presentation/application_presentation/group0/23/a1/94/a3/39/cf/4c/37/introduction_to_electric_motors_pres.pdf/files/introduction_to_electric_motors_pres.pdf/jcr:content/translations/en.introducti)
4. BKI, 2019, ***Rules***, Biro Klasifikasi Indonesia, Jakarta
5. Bunga, P. M, 2015, ***Perancangan Sistem Pengendalian Beban Dari Jarak Jauh Menggunakan Smart Relay***. *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(5).
6. Chen, K. W, 2004, ***The Electrical Engineering Handbook***, Elsevier Academic Press, Chicago
7. Goh, H. H, (2017, October), ***Types of Circuit Breaker and its Application in Substation Protection***, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. doi:10.1159/ijeecs.v8.i1. pp213-220
8. Hidayah, A, 2007, ***Perancangan Unit Instalasi Genset di PT Aichi TexIndonesia***. Politeknik Negeri Bandung.
9. Mahon, L. L, 1992, ***Diesel Generator Handbook***, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford
10. Putra, H. P, 2015, ***Analisa Menurunnya Perfoma Emergency Generator Terhadap Situasi Blackout Di Atas Kapal MV. SHANTI INDAH***. Jurusan Teknik Program Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran.
11. Sakura, A, 2017, ***Rancang Bangun Generator sebagai Sumber Energi Listrik Nanohidro***, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
12. Sheldrake, L. A, 2003, ***Handbook of Electrical Engineering***, Chichester, Wiley, England
13. Zulfauzi, A, 2019, ***Perancangan Sistem Emergency Genset Pada Kapal 1***.

## ANALISIS KARAKTERISTIK MINYAK TRANSFORMATOR STARLITE 400 kVA TERHADAP TEGANGAN TEMBUS

Eri Suherman<sup>1</sup>, M Akbar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Elektro Universitas Darma Persada

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro Universitas Darma Persada

### ABSTRAK

*Transformator yang berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan tegangan. Dalam hal itu sistem isolasi transformator menjadi faktor penting dalam pendistribusian listrik bagi transformator untuk menyuplai daya, jika transformator terjadi gangguan, sistem pendistribusian menjadi terganggu dan banyak konsumen dari pengguna listrik menjadi rugi karena hal tersebut. Berdasarkan data PLN untuk isolasi transformator daerah Jakarta Raya, khususnya area Gardu Pondok Gede, transformator tersebut memiliki sistem isolasi yang beragam, tegangan tembus memiliki peranan penting pada isolasi transformator, tegangan tembus pada transformator dengan nilai tertinggi (34,2kV). Hasil tegangan tembus tersebut menunjukkan kualitas transformator, semakin besar kekuatan tegangan tembus, semakin baik pula isolasinya. Faktor yang mempengaruhi hasil tegangan tembus di atas adalah tegangan antar muka, kadar air, kadar asam, dan warna.*

**Kata kunci : Transformator, Minyak isolasi, Gardu induk, Listrik, Tegangan tembus**

### 1. PENDAHULUAN

Masyarakat modern saat ini sangat membutuhkan energi listrik sebagai sarana mempermudah manusia dalam melakukan berbagai pekerjaan, karena sebagian besar aktivitas kehidupan manusia berhubungan dengan listrik. Dalam setiap kegiatan baik di rumah tangga maupun di industri, listrik telah menjadi sumber energi utama. Penyediaan sumber listrik harus handal dan berkesinambungan terutama pada transformator yang membutuhkan perawatan pada bagian minyak transformator. Minyak transformator merupakan salah satu bahan isolasi cair yang berfungsi sebagai isolasi dan pendingin pada transformator. Sebagian bahan isolasi minyak harus memiliki kemampuan untuk menahan tegangan tembus, sedangkan sebagai pendingin minyak transformator harus mampu meredam panas yang ditimbulkan, sehingga dengan kedua kemampuan ini maka minyak transformator di harapkan mampu melindungi transformator dari gangguan.

Semakin kecilnya tegangan tembus pada minyak transformator membuktikan bahwa minyak transformator mengalami gangguan dan harus di treatment atau di ganti minyak tersebut. Selain tegangan tembus, kadar air yang terkandung dalam minyak transformator besar juga dapat merusak transformator tersebut. Oleh karena itu, akan dibahas pengaruh kadar air terhadap tegangan tembus minyak trafo agar menyesuaikan dengan standar, yaitu standar SPLN No.49/1982/Unit KV/2,5 mm dan dengan metode IEC 158 & 296 yaitu minimal 2,5 mm.

Transformator merupakan peralatan statis dimana rangkaian dan belitan yang terdiri dari dua atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem arus dan n lain pada frekuensi yang

sama.

Sebagian besar kumparan-kumparan dan inti transformator tenaga direndam dalam minyak transformator, terutama transformator yang berkapasitas besar, karena minyak transformator mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pendingin. Transformator umumnya diisi minyak sebagai bahan isolasi antara kumparan dan kumparan dengan kaki. Transformator umumnya dilengkapi dengan sistem pendingin, yang dimaksudkan supaya transformator dapat bekerja sesuai rating yang tertera pada spesifikasinya.

Penelitian tentang minyak isolasi telah banyak dilakukan antara lain: Saiful Kulun, 2017, Pengaruh Kondisi Minyak Terhadap Keandalan Sistem Kerja Transformator. Penelitiannya menjelaskan Susut umur transformator dipengaruhi oleh isolasi belitan trafo dan minyak trafo. Salah satu kerusakan atau kegagalan isolasi dari minyak trafo diakibatkan dari perubahan suhu atau suhu sekitar. Sehingga mengakibatkan isolasi menjadi rusak dan kenaikan temperatur minyak akan mengubah sifat minyak tersebut.

Penelitian Surahmat Jahidi a,l 2020 tentang Perbaikan Nilai Tegangan Tembus Minyak Isolasi Trafo Nynas Lybra dengan Purifikasi Menggunakan Arang Aktif Tongkol menjelaskan. Kegagalan kerja suatu transformator disebabkan karena kondisi isolasi yang buruk. Kondisi isolasi yang buruk dapat terjadi karena isolasi sudah lama digunakan dan diterpa medan yang tinggi sehingga terjadi penuaan, kondisi isolasi yang buruk juga disebabkan karena adanya partikel-partikel pengotor yang memicu terjadinya korona, flashover, dan isolator breakdown Kegagalan isolasi minyak trafo terjadi akibat transformator tersebut dipakai dalam kondisi beban yang tinggi secara terus menerus, dan minyak yang sudah kotor atau sudah terkontaminasi dengan partikel-partikel lain di dalam trafo tersebut.

Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Tegangan Tembus pada Minyak Trafo dan Minyak Kelapa murni oleh Andri Suherman, 2016 menjelaskan Isolasi cair pada umumnya menggunakan minyak mineral karena mempunyai daya serap panas yang baik dan memiliki karakteristik dielektrik yang bagus sebagai isolator, namun karena sifatnya yang kurang ramah lingkungan, maka perlu dicari solusi untuk mengatasinya sehingga dicoba meneliti karakteristik minyak organik dalam hal ini minyak kelapa murni sebagai pengganti isolasi cair minyak mineral sekaligus untuk mengetahui pengaruh kontaminan air terhadap parameter, seperti tegangan tembus, viskositas, dan angka kenetralannya.

## **2. TRANSFORMATOR DAN MINYAK ISOLASI**

Pada umumnya pada suatu transformator tegangan tinggi terbagi dalam beberapa bagian utama yaitu, inti besi, kumparan transformator, bushing, peralatan proteksi (berbagai macam rele), tangki konservator dan sistem isolasi berupa isolasi cair (minyak transformator) dan isolasi padat (kertas/selulosa). dari beberapa bagian utama yang ada pada transformator tersebut, sistem isolasi yang terdiri dari minyak transformator dan isolasi kertas merupakan bagian paling utama yang perlu pemeliharaan dengan baik.

Sebagai bahan isolasi minyak transformator memiliki beberapa, hal ini sebagaimana dijelaskan dalam SPLN (49-1:1980). adapun persyaratan yang harus dipenuhi oleh minyak transformator salah satunya adalah tegangan tembus dan kandungan air di dalam minyak tersebut harus sesuai dengan standar yang digunakan.

Kelangsungan operasi dan umur dari transformator sangat bergantung pada umur dan kualitas sistem isolasi. Salah satunya adalah kualitas dari sistem isolasi minyak transformator. Minyak transformator selain berfungsi sebagai isolasi dan

pendingin, juga mempunyai sifat dapat melarutkan gas-gas yang timbul akibat kerusakan sistem isolasi baik isolasi pada (*cellulose*) maupun isolasi cair (minyak transformator) selama dalam operasinya. Selama transformator beroperasi maka di dalam minyak transformator akan mengalami beban berupa medan listrik dan juga beban thermal yang berasal baik dari belitan maupun inti trafo. Pemakaian transformator dalam jangka panjang dapat menyebabkan minyak trafo akan mengalami penurunan karakteristik dielektrik, fisik dan kimia. Selain itu juga menyebabkan timbulnya gas-gas terkarut yang berada dalam minyak transformator.

Sistem pengalirannya (sirkulasi) dapat di bagi menjadi 2 klasifikasi:

1. Alamiah (nature)
2. Tekanan / paksaan (forced)

Tabel 1. Pendinginan Transformator

No.	Macam Sitem Pendingin	Media			
		Di dalam Transformator		Di luar Transformator	
		Sirkulasi alami	Sirkulasi paksa	Sirkulasi alami	Sirkulasi paksa
1	AN	-	-	Udara	-
2	AF	-	-	-	Udara
3	ONAN	Minyak	-	Udara	-
4	ONAF	Minyak	-	-	Udara
5	AFAN	-	Udara	Udara	-
6	OFAF	-	Minyak	-	Udara
7	OFWF	-	Minyak	-	Air
8	ONAN/ONAF	Kombinasi 3 dan 4			
9	ONAN/OFAN	Kombinasi 3 dan 5			
10	ONAN/OFAF	Kombinasi 3 dan 6			
11	ONAN/OFWF	Kombinasi 3 dan 7			

Keterangan : A = *Air* (udara), O = *Oil* (minyak), N = *Natural* (alamiah), F = *Forced* (paksaan / tekanan) W = *Water* (air)

## 2.1. Sistem Isolasi Transformator

Isolasi transformator berfungsi untuk memisahkan bagian-bagian yang memiliki beda tegangan agar tidak terjadi percikan ataupun lompatan bunga api di antara bagian-bagian tersebut. Selain itu isolasi transformator juga dapat berfungsi sebagai pendingin (*cooling*). Isolasi cair banyak digunakan pada peralatan listrik seperti pemutus tenaga, transformator dan lain sebagainya.

Pada transformator, akan timbul panas, baik yang dibangkitkan oleh kumparan tembaga maupun inti besi. Jika panas tersebut tidak di salurkan atau tidak dilakukan pendinginan, maka akan ada bagian dari peralatan yang akan rusak apabila panas yang timbul melampaui suhu maksimum yang diperbolehkan. Untuk mengatasi hal ini maka inti dan kumparan dari transformator dicelupkan ke dalam suatu isolasi cair (minyak diala), yang berfungsi sebagai media pendingin dan media isolasi.

## 2.2. Sifat-sifat Isolator Cair

Beberapa sifat yang harus terdapat pada minyak transformator antara lain sebagai berikut :

### 1. Tegangan tembus yang tinggi

Tegangan tembus minyak transformator perlu diukur dikarenakan menyangkut kesanggupan minyak untuk menahan tegangan tembus tanpa terjadi kerusakan. tegangan tembus dapat diukur dengan cara memasukan dua buah elektroda bola (setengah bola) kedalam minyak yang hendak diukur. jika diperoleh tegangan tembus yang rendah, maka dapat dikatakan kalau minyak transformator telah terkontaminasi.

### 2. Faktor kebocoran dielektrik yang rendah

Daya yang hilang dalam operasi suatu transformator disebabkan kehilangan energi menjadi panas, akibat pemecahan molekul-molekul. Hal ini mengakibatkan minyak menjadi kotor atau menghasilkan kotoran berupa logam alkali, koloid bermuatan, dan sebagainya.

### 3. Viskositas yang rendah

Viskositas merupakan tahanan dari cairan untuk mengalir kontinu dan merata, tanpa adanya turbulensi dan gaya-gaya lain. Viskositas minyak biasanya diukur dari waktu aliran minyak dengan volume tertentu dan kondisi yang telah diatur. Viskositas minyak transformator merupakan faktor penting dalam aliran konveksi untuk memindahkan panas. Viskositas juga dipakai sebagai dasar pembagian kelas minyak.

### 4. Titik nyala yang tinggi

Merupakan bahwa minyak dapat dipanaskan sampai suhu tertentu sebelum uap yang timbul menjadi api yang berbahaya.

### 5. Massa jenis yang rendah

Massa jenis merupakan perbandingan massa suatu volume cairan dengan volume dan suhu yang sama. Massa jenis minyak transformator lebih kecil dibandingkan air, oleh karena itu, adanya air dalam minyak transformator akan mudah untuk dipisahkan, karena air akan turun ke bawah sehingga akan lebih mudah dikeluarkan tangki minyak transformator atau pada tangki pemutus tenaga.

### 6. Kestabilan kimia dan penyerapan gas yang baik

Kestabilan ini penting terutama terhadap oksidasi, sehingga dapat dievaluasi kecenderungan minyak membentuk asam dan kotoran zat padat. asam dan kotoran zat padat yang terbentuk akibat oksidasi akan menurunkan kemampuan minyak transformator menahan tegangan tembus. salainitu air dan asam menyebabkan korosi terhadap logam yang ada di transformator, sedangkan kotoran zat padat akan menyebabkan perpindahan panas (*heat transfer*) dalam proses pendinginan transformator terganggu.

### 7. Resistivitas

Resistivitas merupakan kemampuan suatu partikel zat untuk menghantarkan (konduktor). Resistivitas yang rendah menunjukkan bahwa minyak tersebut sudah mengalami kontaminasi oleh bahan/zat yang bersifat kondisi.

### 3. METODELOGI UJI MINYAK TRANSFORMATOR

Proses metodologi pengecekan minyak dalam penelitian ini dapat dijelaskan secara umum dari pengambilan sampel minyak lalu pengujian tegangan tembus, tegangan antar muka, kadar air, kadar asam dan minyak. Langkah awal dimulai dengan mengambil sampel minyak. Dengan menggunakan *syringe* dan dengan menggunakan botol telah tersedia, dengan spesifikasi minyak isolasi, dapat ditentukan untuk mengetahui kondisi dari minyak transformator sehingga jika terjadi ketidak normalan, maka kita dapat melakukan pencegahan awal agar tidak mengganggu sistem tenaga listrik atau pun merusak transformator itu sendiri. Selain itu pengujian minyak meliputi uji karakteristik seperti uji tegangan tembus untuk mengetahui batas tegangan isolasi minyak, kadar air untuk mengetahui nilai kandungan air dalam minyak, tegangan antar muka untuk mengetahui nilai minyak dan air tidak saling tercampur, dan kadar asam untuk mengetahui nilai Minyak yang rusak akibat oksidasi yang akan menghasilkan asam.

Langkah selanjutnya adalah mendata nilai penelitian dari uji karakteristik minyak transformator dengan standar SPLN dan IEC yang dibantu dengan perangkat pendukung. Dengan bantuan perangkat pendukung dapat dilihat hasil nilai dari Tegangan tembus, Kadar air, Tegangan antar muka dan kadar asam. Beberapa parameter minyak menurut standar SPLN yang menjadi dasar suatu spesifikasi minyak agar transformator dapat di gunakan dengan kondisi baik harus memenuhi nilai nilai standar SPLN pada umumnya antara lain nilai parameter seperti Tegangan tembus, Antar muka, kadar air dan kadar asam.

#### 3.1. Pengambilan Sempel Minyak Trafo

Dalam melakukan pengambilan minyak ada beberapa tahapan penting yang harus diperhatikan agar sampel minyak yang diuji tidak berubah karakteristiknya.

1. Buang beberapa mL minyak pada bagian ujung kran pengambilan contoh.
2. Bilas bontol contoh minyak dengan minyak dari tangki transformator.
3. Isi botol dengan sampel minyak, dan jangan sampai terkontaminasi oleh kotoran.
4. Lindungi contoh minyak dari sinar matahari.

Pengambilan sampel minyak trafo di lakukan untuk pengujian sebagai berikut:

##### 3.1.1. Pengujian Tegangan Tembus (*Breakdown Voltage*)

Pengujian tegangan tembus ini dilakukan untuk mengetahui batas tegangan atau sering disebut juga dengan dielektrik, dimana isolasi minyak transformator mengalami kerusakan. Prosedur pengujian tegangan tembus dengan menggunakan alat bernama magger adalah sebagai berikut :

1. Buka hook penutup ruang uji dan keluarkan kotak contoh minyak
2. Masukkan sampel minyak ke dalam kotak minyak tanpa menimbulkan gelembung udara
3. Tekan tombol untuk menyalakan alat uji
  - a. Display akan menunjukkan menu utama bergambar elektroda 2,5mm dan alat uji akan melakukan self test selama 15 detik
4. Pilih *MENU*, pilih ke IEC 156 / 60422 lalu tekan tombol *START* maka stirrer akan berputar mengaduk minyak selama 5 menit
5. Setelah tegangan naik mulai dari 0 sampai tegangan *breakdown* nya tercapai, maka lampu petir akan padam pada display dan muncul tegangan *breakdown* dan nomor pengujian.

6. Selanjutnya alat uji akan melakukan RECOVERY selama 2 menit dan otomatis akan melakukan pengujian selama 5 kali

### 3.1.2 Pengujian Tegangan Antar Muka (*Interfacial tension / IFT*)

Pengujian ini mengukur tegangan antar permukaan minyak dengan air. Nilai IFT ini diperoleh banyaknya partikel-partikel kecil hasil oksidasi minyak dan kertas. Oksidasi akan menghasilkan air dalam minyak, meningkatkan nilai keasaman minyak dan pada kondisi tertentu akan menyebabkan pengendapan (*sludge*). Satuan dari pengukuran IFT ini adalah mN/m.

### 3.1.3. Pengujian Keasaman (Angka Kenetralan / Neutralization Number)

Minyak yang rusak akibat oksidasi akan menghasilkan senyawa asam yang akan menurunkan kualitas kertas isolasi pada trafo. Asam ini juga dapat menjadi penyebab proses korosi pada tembaga dan bagian trafo yang terbuat dari bahan metal. Proses oksidasi pada kertas dan minyak akan menghasilkan asam. Kandungan asam dalam minyak mempercepat penurunan kondisi minyak dan kertas, yaitu :

1. Asam akan membentuk lebih banyak asam dari minyak dan kertas
2. Bereaksi dengan kertas dan menghasilkan air
3. Asam bersifat korosif terhadap logam dan akan membentuk lebih banyak partikel-partikel logam pada belitan dan bagian bawah tangki minyak

Angka kenetralan mempresentasikan jumlah kadmium hidroksida (KOH) yang dibutuhkan (dalam mg) untuk menetralkan 1 gram minyak sample. Semakin banyak KOH yang dibutuhkan, maka semakin asam minyak dan semakin besar pula angka kenetralannya.

### 3.1.4. Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Pengujian kadar air ini ditunjukkan untuk mengetahui banyaknya kadar air yang telah tercampur di dalam minyak tersebut. Berikut adalah alat yang digunakan untuk menguji kadar air dalam minyak. Air dalam minyak isolasi dapat berasal dari dua hal, yaitu dekomposisi minyak ataupun akibat minyak yang terkena udara luar. Kadar air yang berlebihan dapat mengurangi tegangan tembus pada minyak dan mengurangi usia dari minyak transformator tersebut.

### 3.1.5. Pengujian warna minyak

Warna Minyak isolasi trafo akan berubah seiring penuaan yang terjadi pada minyak dan dipengaruhi oleh material mineral pengotor seperti karbon. Pengujian minyak pada dasarnya membandingkan warna minyak terpakai dengan minyak yang baru. Menggunakan sumber cahaya standar, sampel cairan ditempatkan dalam wadah uji dan dibandingkan dengan cakram kaca berwarna mulai dalam nilai 0,5 hingga 8,0. Ketika tidak ada yang sama persis ditemukan dan warna sampel jatuh di antara dua warna standar, lebih tinggi dari dua warna dilaporkan. Hasil Pengujian yang tinggi menggambarkan adanya karbon, partikel isolasi dan pengujian yang tinggi menggambarkan adanya karbon, partikel isolasi dan material terlarut lainnya.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan meliputi; Tegangan tembus, Tegangan antar muka, kadar air, kadar keasaman dan warna minyak.

#### 4.1. Tegangan Tembus

Pada table 2 di bawah merupakan hasil pengujian yang kemudian di bandingkan dengan standar tegangan tembus berdasarkan IEC 60422 yaitu SPLN. Table 4.1 menjelaskan bahwa 5 kali pengujian telah memenuhi standar nilai SPLN NO 50 : 1991 dengan nilai maksimum 35kV dan nilai terendah 32kV. Dengan kata lain dari ke 5 pengujian tegangan tembus dapat di katakan cukup handal. Nilai pengujian tertinggi terdapat pada pengujian ke 4 dengan nilai 35kV sedangkan untuk menyentuh katagori bagus harus mencapai nilai 40 ke atas. Sedangkan nilai terendah terdapat pada pengujian ke 2 dengan nilai 32kV yang dalam arti belum menyentuh katagori buruk. Jadi hasil pengujian tersebut bisa di kata minyak trafo masih cukup handal karena tidak menyentuh di nilai katagori buruk.

Tabel 2. Perbandingan hasil tegangan tembus menurut standar SPLN

Hasil Pengujian	Tegangan Tembus (kV/2,5 mm)	Standard Tegangan Tembus Berdasarkan IEC 60422 (kV/2,5mm)		
		Bagus	Cukup	Buruk
		> 40	30– 40	< 30
1	32,4 kV	-	√	-
2	32 kV	-	√	-
3	33.2 kV	-	√	-
4	35 kV	-	√	-
5	32.4 kV	-	√	-

#### 4.2. Tegangan Antarmuka (Interfacial Tension/IFT)

Pada perhitungan hasil pengujian tegangan antarmuka telah didapatkan bahwa hasil pengujian minyak Trafo STARLITE 400kV yang berada Gardu Jatirangon PT. PLN (Persero) UP3 Pondok Gede masih tergolong bagus karena dari ke 5 pengujian hasilnya masih berada dalam di bawah batas bagus yang di perbolehkan.

Tabel 3. Perbandingan hasil pengujian tegangan antar muka menurut standar SPLN IEC 60422

Hasil Pengujian	Tegangan antar muka (mN/m)	Standard Tegangan Antar Muka Berdasarkan IEC 60422		
		Bagus	Cukup	Buruk
		> 28	22 – 28	< 22
1	28	√	-	-
2	26	√	-	-
3	26	√	-	-
4	24	√	-	-
5	25	√	-	-

Pada tabel 3 di atas merupakan hasil perbandingan hasil pengujian tegangan antar muka dari hasil tersebut bahwa nilai dari keseluruhan pengujian mendapatkan katagori bagus untuk di gunakan yang berarti memiliki sedikit kontaminasi minyak isolasi terhadap zat lain yang tidak terlalu berpengaruh terhadap tegangan tembus.



#### 4.3. Analisis Kadar Air (Water Content)

Dari keseluruhan pengujian kadar air di dapatkan hasil bahwa minyak yang di uji memiliki kadar air yang bagus, semakin sedikit kadar air yang terdapat pada transformator maka tidak akan mempengaruhi tegangan tembus minyak isolasi

Tabel 4. Hasil pengujian kadar air dalam minyak

Hasil Pengujian	Kadar Air (ppm)	Standard Kadar Air Berdasarkan IEC 60422 (ppm)		
		Bagus	Cukup	Buruk
		<20	20-30	>30
1	15.6	√	-	-
2	16	√	-	-
3	15.2	√	-	-
4	15.6	√	-	-
5	14.2	√	-	-

Pada tabel 4 dari nilai keseluruhan pengujian mendapatkan katagori bagus untuk di gunakan yang berarti memiliki sedikit kadar Air dalam minyak isolasi yang berasal dari dua hal, yaitu dekomposisi minyak ataupun akibat minyak yang terkena udara luar. Kadar air yang berlebihan dapat mengurangi tegangan tembus pada minyak dan mengurangi usia dari minyak transformator tersebut.

#### 4.4. Kadar Keasaman

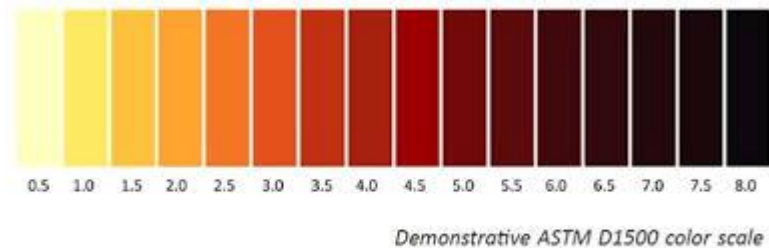
Dari keseluruhan pengujian kadar Keasaman di dapatkan hasil nilai tergolong cukup handal untuk trafo berdasarkan standar SPLN. Transformator yang memang didominasi oleh bahan metal. Jika minyak transformator sudah memiliki kadar asam yang tinggi maka minyak tersebut perlu dibersihkan ataupun diganti dengan minyak transformator baru. Pada tabel 5 dari nilai keseluruhan pengujian memiliki nilai kadar asam yang cukup untuk di gunakan, dan juga dari hasil tegangan tembus kadar asam juga mempengaruhi pada minyak isolasi hal ini di sebabkan oleh oksidasi yang menghasilkan asam dan menyebabkan (korosi) pada bagian-bagian transformator yang mendominasi oleh bahan metal.

Tabel 5 Perbandingan hasil pengujian kadar asam dalam minyak

Hasil Pengujian	Kadar Asam	Standard Berdasarkan IEC 60422 (mg KOH/gr)		
		Bagus	Cukup	Buruk
		< 0.1	0.1 – 0.2	> 0.3
1	0.251	-	√	-
2	0.246	-	√	-
3	0.244	-	√	-
4	0.220	-	√	-
5	0.250	-	√	-

#### 4.5. Analisis Warna minyak

Pada pengujian warna. Warna dari minyak transformator diuji dan diberi nilai parameter agar kita dapat mengambil keputusan apabila minyak tersebut masih dalam kondisi bersih atau sudah mengandung banyak pengotor (zat lain),



Gambar 1. standar warna ASTM D-1500

Tabel 6. Parameter warna minyak transformator menurut S D Myers

Hasil Pengujian	Warna	Standar warna ASTM D-1500		
		Bagus	Cukup	Buruk
		<3.0	3.0 - 6.0	>6.0
Minyak	1.3	√	-	-

Pada tabel 6 diatas merupakan hasil pengujian warna dari minyak transformator yang tergolong bagus. Meskipun warna tidak terlalu menjadi poin kritis untuk menilai kondisi suatu minyak transformator, tetapi warna dari minyak transformator dapat digunakan untuk membuat asumsi awal keadaan transformator, dimana warna minyak semakin menghitam menunjukkan minyak transformator yang telah terkontaminasi baik itu partikel (pengotor) eksternal maupun akibat oksidasi dari minyak itu sendiri.

#### 5. KESIMPULAN

Transformator masih bisa beroperasi dengan normal, karena struktur minyak transformator masih dalam keadaan baik jika dilihat dari pengujian karakteristiknya, dengan tegangan tembus (32,4 kV/2.5mm), kadar air (15.6 ppm), kadar asam (0.25 mgKOH/gr), tegangan antar muka (28.mN/m), warna (1.3).Hasil dari pengujian-pengujian tersebut masih dalam batasan berdasarkan IEC 60422.2007.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. BL, Theraja, AK Theraja, 2005, **A Textbook of Electrical Technology Volume II AC DC Machines**, S chand & Company LTD, New Delhi
2. Andri Suherman, 2016, **Pengaruh Kontaminan Air Terhadap Tegangan Tembus pada Minyak Trafo dan Minyak Kelapa murni**, *Jurnal Untirta Gravity vol 2 no.2*
3. Ferry Nugraha, 2007, **Pengujian Karakteristik Minyak Isolasi**, PT.PLN (Persero) Litbang Ketenagalistrikan,
4. Syaiful Karim, 2017, **Pengaruh Kondidi Minyak Terhadap Keandalan Sistim Kerja Transformator**, *Jurnal EEICT*, Universitas Islam Kalimantan
5. Surahmat Jahidi a,l, 2020, **Perbaikan Nilai Tegangan Tembus Minyak Isolasi Trafo Nynas Lybra dengan Purifikasi Menggunakan Arang Aktif Tongkol Jagung**, SANTEI Universitas Merdeka Malang

## PANDUAN PENULISAN NASKAH

1. Naskah merupakan karya asli yang belum pernah dipublikasikan dalam media cetak.
2. Naskah dicetak dengan tinta hitam pada kertas A4, tidak bolak balik. Setiap halaman diberi nomor, minimum 5 (lima) halaman dan maksimum 10 (sepuluh) halaman. Margin atas 4 cm, margin kiri dan kanan berturut-turut 3,5 dan 2,5 cm, margin bawah 3 cm harus bebas dari tulisan, kecuali nomor halaman, bagian terbawah catatan kaki (kalau ada) harus diatas margin bawah, badan naskah ditulis dalam 1 (satu) kolom.
3. Isi naskah ditulis dalam huruf Arial dengan ukuran 11 point dengan jarak antar baris satu spasi. Kecuali judul makalah, nama penulis, dan abstrak.
4. Abstrak ditulis satu spasi, dengan huruf arial 11 point italic (miring), tidak lebih dari 150 kata, diikuti dengan beberapa kata-kata kunci (*keywords*).
5. Judul utama karya tulis dicetak dengan huruf besar arial 14 point tebal, diletakkan dipinggir kiri, judul bagian dicetak tebal dengan huruf besar Arial 11 point tebal, judul sub-bagian dicetak tebal dengan huruf arial 11 point biasa.
6. Bahasa yang digunakan sesuai dengan bahasa Indonesian yang baik dan benar. Penggunaan istilah asing dicetak miring sebaiknya disertakan dengan benar. Penggunaan istilah asing dicetak miring sebaiknya disertakan dengan penjelasan dalam bahasa Indonesia.
7. Penggunaan singkatan dan tanda-tanda diusahakan untuk mengikuti aturan nasional atau internasional. Satuan yang digunakan hendaknya mengikuti sistem Satuan Internasional (SI). Persamaan atau hubungan matematik harus dicetak dan diberi nomor seperti :

$$F = m.a \quad (1)$$

Dalam teks, persamaan 1 dinyatakan sebagai "pers. (1) atau "Persamaan (1)"

8. Gambar diberi nomor dan keterangan dibawahnya, sedangkan tabel diberi nomor dan keterangan diatasnya. Keduanya sedapat mungkin disatukan dengan file naskah. Bila gambar atau tabel dikirimkan secara terpisah, harap dicantumkan dalam lembar tersendiri dengan kualitas cetakan yang baik.
9. Kepustakaan dicantumkan dengan urutan abjad nama pengarang dan diberi nomor.

ISSN 2088-060X



9 772088 060009