

# ANALISA DAYA LISTRIK MOTOR HOIST DAN MOTOR TROLLEY PADA CONTAINER CRANE DALAM PROSES BONGKAR MUAT DI BELAWAN

TOGAR TIMOTEUS GULTOM<sup>1</sup>, SUHELMI<sup>2</sup>, PARTAONAN HARAHAP<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Prima Indonesia

<sup>2</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Immanuel

<sup>3</sup>Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Prodi Teknik Elektro

<sup>1</sup>Jl. Danau Singkarak No.3 (20117) Medan

<sup>2</sup>Jl. Gatot Subroto No.325 Medan

<sup>3</sup>Jl. Mukhtar Basri No. 3 Medan

e-mail: togartimoteusgultom@unprimdn.ac.id

**Abstrak-**Pada penelitian ini dilakukan analisa daya Motor Hoist dan Motor Trolley pada Container Crane (CC) dengan menggunakan beban peti kemas yang fluktuatif. Analisa daya dibagi menjadi dua yaitu analisa daya motor Hoist pada saat proses hoist-up dan analisa daya motor trolley pada saat proses trolley-reverse. Penelitian ini mengacu pada pengukuran daya berdasarkan parameter pengukuran yang sudah ada pada sistem Container Crane di PELINDO. Analisa daya ini digunakan untuk mengetahui rata-rata daya motor Hoist dan Trolley yang digunakan sehingga menjadi dasar untuk melakukan proses pengembangan lebih lanjut tentang penggunaan Container Crane terkhususnya penggunaan Container Crane pada pelayanan bongkar muat di PELINDO.

Kata kunci : Container Crane, Analisa Daya, Motor Induksi

**Abstract.** In this research, the power analysis of the Hoist Motor and Trolley Motor on the Container Crane (CC) was carried out using a fluctuating container load. Power analysis is divided into two, namely analysis of hoist motor power during the hoist-up process and analysis of trolley motor power during the trolley-reverse process. This study refers to power measurements based on measurement parameters that already exist in the Container Crane system at PELINDO. This power analysis is used to determine the average power of the Hoist and Trolley motors used so that it becomes the basis for carrying out further development processes regarding the use of Container Cranes, especially the use of Container Cranes in loading and unloading services at PELINDO.

**Keywords :** Container Crane, Power Analysis, Induction Motor

## I. PENDAHULUAN

Jurnal *Container crane* adalah mesin pengangkat yang berfungsi untuk mengangkat atau mengangkut peti kemas dari kapal ke darat atau sebaliknya. Sebuah container crane memiliki motor utama, yaitu motor *hoist*, motor *trolley*, motor *gantry* dan motor *boom*.

Terminal Peti Kemas Belawan merupakan perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan fasilitas terminal peti kemas, baik itu perdagangan antar pulau atau domestik maupun internasional. Terminal Peti Kemas Belawan memegang peranan yang sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi dan perdagangan, terutama bagi pelaku usaha industri di bagian Indonesia barat, sehingga tuntutan akan jasa pelabuhan yang ditawarkan akan semakin meningkat. Peningkatan permintaan akan jasa

pelabuhan tentunya akan semakin meningkatkan aktivitas di pelabuhan, sehingga akan berdampak pada kinerja Container Crane.

Peti kemas adalah peti atau kotak yang memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan International for Standardization (ISO) sebagai wadah pengangkutan barang yang bisa digunakan pada berbagai moda transportasi. Ada tiga jenis ukuran peti kemas yang digunakan, yaitu peti kemas 20 feet, 40 feet dan 45 feet. Namun yang sering digunakan hanya 20 feet dan 40 feet. Tentunya ukuran peti kemas akan berpengaruh pada beban peti kemas. Semakin besar ukuran peti kemas, maka semakin berat pula beban peti kemas tersebut.

Kebutuhan pengangkutan peti kemas dari pelabuhan ke palka kapal ataupun sebaliknya menjadi faktor utama dalam berjalannya proses pengiriman peti kemas ke berbagai daerah

sehingga container crane yang merupakan mesin pemindahan peti kemas dari daratan pelabuhan ke palka kapal ataupun sebaliknya menempati peranan yang sangat penting. Pemilihan motor penggerak utama yang tepat merupakan salah satu faktor utama demi berlangsungnya kegiatan bongkar muat yang optimal.

Motor induksi 3 fasa adalah motor penggerak utama yang digunakan container crane untuk mengangkat serta memindahkan peti kemas. Beban peti kemas yang fluktuatif menjadikan peneliti ingin melakukan analisa secara langsung akan kebutuhan daya listrik yang digunakan oleh motor induksi 3 fasa terkhususnya pada motor hoist dan motor trolley dalam satu kali hoist-up dan satu kali trolley-reverse.

## II. STUDI PUSTAKA

### 2.1. Sistem Bongkar Muat di Pelabuhan

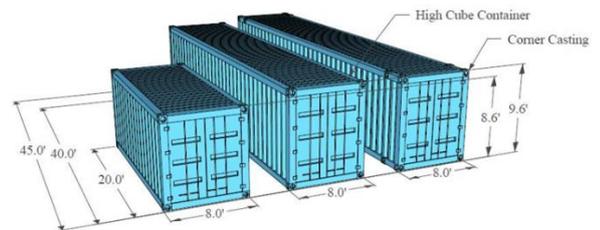
Sistem bongkar muat di pelabuhan merupakan seluruh komponen atau peralatan bongkar muat (cargo handling) yang digunakan untuk mendukung kegiatan bongkar muat muatan, baik dari kapal menuju pelabuhan maupun sebaliknya. Adapun kegiatan bongkar muat di pelabuhan merupakan kegiatan membongkar barang-barang dari atas kapal dengan menggunakan crane dan sling kapal ke daratan terdekat di tepi kapal, yang lazim disebut dermaga, kemudian dari dermaga dengan menggunakan lori, forklift, atau kereta dorong, dimasukkan dan ditata ke dalam gudang terdekat yang ditunjuk oleh syahbandar pelabuhan (B.S. Herman : 2012)

Sistem bongkar muat umumnya sangat dipengaruhi oleh jenis barang atau muatan serta jenis pengemasan yang digunakan. Sangat penting untuk memperhatikan kondisi muatan yang akan dilakukan bongkar muat karena hal tersebut dapat mempengaruhi jenis peralatan bongkar muat yang harus digunakan dalam menangani jenis muatan tertentu, sehingga akan mempercepat proses bongkar muat dan mengurangi biaya tambat di pelabuhan. Muatan kapal dikelompokkan atau dibedakan menurut beberapa pengelompokan sesuai dengan jenis pengapalan, jenis kemasan serta sifat alami dari muatan (Arwinas, 2001:9). Adapun jenis-jenis muatan kapal antara lain adalah muatan campuran (general cargo), muatan sejenis (bulk cargo), muatan cair (liquid cargo), muatan hewan hidup (live stock cargo), dan muatan peti kemas (container cargo). Namun, peneliti hanya akan menjelaskan satu jenis muatan saja, yakni muatan peti kemas.

### 2.2. Peti Kemas

Muatan peti kemas merupakan jenis muatan yang dikemas dengan menggunakan peti kemas atau container. Peti kemas merupakan peti atau sebuah kotak yang memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan ISO sebagai alat perangkat pengangkutan barang yang dapat digunakan di

berbagai moda transportasi. Peti kemas saat ini merupakan salah satu metode pengangkutan muatan yang paling banyak digunakan di seluruh negara di dunia dan dapat diangkut oleh tiga moda transportasi, mulai dari transportasi darat, udara serta air. Satuan kapasitas kargo peti kemas dinyatakan dalam satuan TEU (twenty foot equivalent unit). Hal ini didasarkan pada volume peti kemas yang berukuran 20 feet long. Selain itu terdapat pula peti kemas dengan ukuran 40 feet long. Biasanya, berat maksimal untuk peti kemas ukuran 20 feet long adalah 24 ton. Sedangkan berat maksimal untuk peti kemas ukuran 40 feet long adalah 31 ton.



Gambar 2.1. Ukuran Peti Kemas

Untuk lebih memahami ukuran dan berat dari berbagai peti kemas, perhatikan tabel di bawah ini.

Tabel 1. Ukuran Peti Kemas

		20 Feet	40 Feet	45 Feet
Dimensi Luar	Panjang	6,058 m	12,192 m	13,716 m
	Lebar	2,438 m	2,438 m	2,438 m
	Tinggi	2,591 m	2,591 m	2,896 m
Dimensi Dalam	Panjang	5,758 m	12,032 m	13,556 m
	Lebar	2,352 m	2,352 m	2,352 m
	Tinggi	2,385 m	2,385 m	2,385 m
		20 Feet	40 Feet	45 Feet
Berat Kotor		24.000 kg	30.480 kg	32.000 kg
Berat Kosong		2.200 kg	3.800 kg	4.800 kg
Muatan Bersih		21.800 kg	26.680 kg	27.350 kg



Gambar 2. Muatan Peti Kemas

Untuk menangani jenis muatan ini, umumnya digunakan peralatan bongkar muat berupa container crane yang terdapat di dermaga. Selain container crane, terdapat pula beberapa jenis crane yang dapat digunakan untuk menangani container, antara lain container spreader, straddle carrier, straddle loader, transtrainer, side loader, serta container forklift. Namun peneliti tidak menjelaskan lebih lanjut tentang beberapa jenis crane lainnya yang dapat melayani container. Peneliti hanya akan menjelaskan container crane saja.

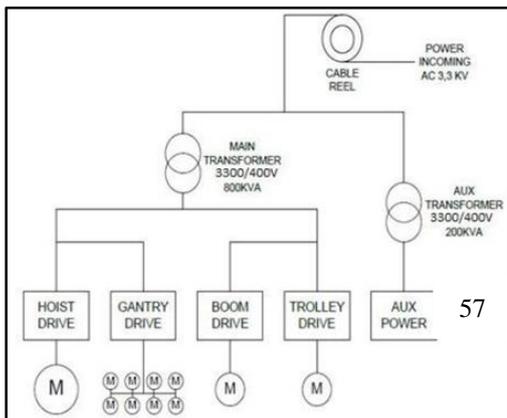
2.3. Container Crane

Container crane (CC) merupakan mesin yang berfungsi untuk melakukan proses bongkar muat peti kemas dari dermaga ke kapal maupun dari kapal ke dermaga. Container crane dipasang secara permanen dan diletakkan di pinggir dermaga dengan menggunakan rel yang dapat bergerak kesamping baik ke kiri maupun ke kanan sehingga proses bongkar muat peti kemas mampu dilakukan dalam jangkauan yang dekat maupun jauh, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 3. Container Crane

2.3.1. Sistem Kelistrikan Container Crane

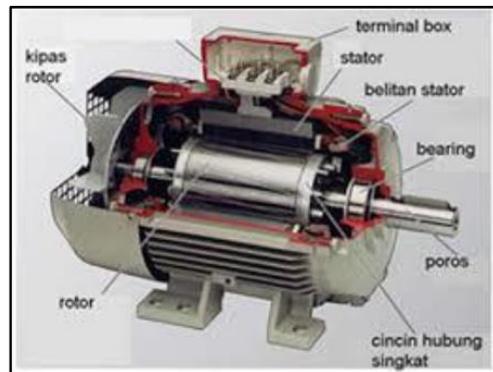


Gambar 4. Kelistrikan Container Crane

Sistem kelistrikan container crane dimulai dari sumber listrik (generator) yang akan menyuplai sumber energi listrik. Setelah itu, listrik kemudian dialirkan menuju main transformator dan auxiliary transformator. Main transformator dan auxiliary transformator akan menurunkan tegangan dari sumber. Tegangan keluaran dari main transformator akan dialirkan menuju motor-motor penggerak peralatan-peralatan yang terdapat pada container crane, seperti hoist drive, gantry drive, boom drive dan trolley drive, sedangkan tegangan keluaran dari auxiliary transformator akan dialirkan menuju auxiliary power.

2.4. Kosntruksi Motor Induksi

Motor induksi memiliki konstruksi stator yang sama dengan konstruksi stator pada motor sinkron, perbedaan terletak pada konstruksi rotor. Stator pada motor induksi dibentuk oleh laminasi-laminasi tipis yang terbuat dari alumunium ataupun besi tuang, dan kemudian dipasak bersama-sama untuk membentuk inti stator. Kumputan (coil) dari konduktor-konduktor yang terisolasi ini kemudian disisipkan kedalam slot-slot tersebut. Bagian *Studi Pustaka* merupakan bagian optional.



Gambar 5. Kosntruksi Motor Induksi 3 fase

Konstruksi motor induksi lebih sederhana dibandingkan dengan motor DC, dikarenakan tidak ada komutator dan tidak ada sikat arang. Sehingga pemeliharaan motor induksi hanya pada bagian mekanik saja, dan konstruksinya yang sederhana menjadikan motor induksi sangat handal dan jarang sekali rusak secara elektrik. Bagian motor induksi yang perlu dipelihara rutin adalah pelumasan bearing, dan pemeriksaan kekencangan baut-baut kabel pada terminl box karena kendor atau bahkan lepas akibat pengaruh getaran secara terus menerus.

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :  $N_s$ : Kecepatan Medan Putaran Stator rpm)

$f$  : Frekuensi (Hz)

$P$  : Jumlah kutub (pole)

III. METODE

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan pada Terminal Peti Kemas Belawan Terminal B (PELINDO I). Lama penelitian dilaksanakan selama 5 (lima) hari.

B. Bahan dan Peralatan

1. Motor Induksi 3 phase untuk motor Hoist.

Spesifikasi :

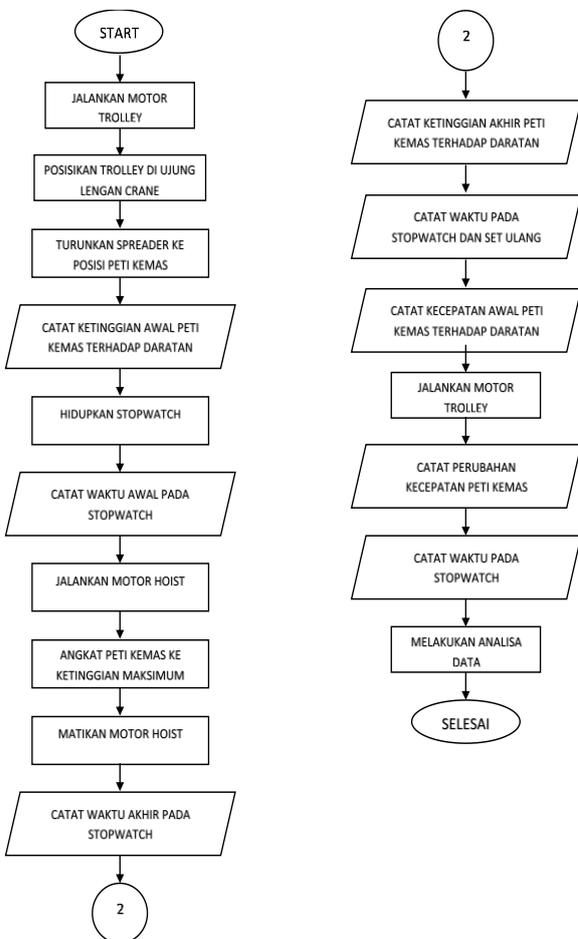
- Tegangan : 315 V
- Daya : 225 kW
- RPM : 800 rpm
- Frekuensi : 50 Hz
- Jumlah Motor : 2 Unit

2. Motor Induksi 3 phasa untuk motor Trolley

Spesifikasi :

- Tegangan : 380 V
- Daya : 30 kW
- RPM : 1400 rpm
- Frekuensi : 50 Hz
- Jumlah Motor : 4 Unit

C. Prosedur Penelitian



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Usaha pada Container Crane

Analisa usaha pada crane adalah analisa total usaha yang dilakukan crane dalam mengangkat beban peti kemas dengan berat peti kemas yang fluktuatif dengan ketinggian yang sama. Proses pengamatan ini semata mata dilakukan hanya dengan menggunakan formulasi perubahan energi potensial yang dimana total usaha (W) sama dengan perubahan energi potensial.

$$W = \Delta EP = m \cdot g \cdot (h_2 - h_1)$$

Tabel 2. Total usaha pada crane di setiap beban

NO	Berat beban (t)	Ketinggian (m)	Usaha (kJ)
1	10	22,4	2.195,2
2	11	22,8	2.457,84
3	12	22,9	2.693,04
4	13	22,2	2.828,28
5	14	22,0	3.018,4
6	15	22,2	3.263,4

Total usaha crane dihitung dengan persamaan berikut:

$$W = m \cdot g \cdot h$$

$$W = 10.000 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 22,4 \text{ m}$$

$$W = 2.195,2 \text{ kJ}$$

4.2. Analisa Daya pada motor

Tabel.3. Data hasil percobaan Hoist-Up pada beban fluktuatif

Berat beban Total (kg)	Daya (KW)	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Usaha Total (kJ)
10000	132,27	241	341,13	22,62	1,122	2.991,95
11000	147,67	240	382,43	22,64	1,139	3.343,25
12000	155,27	242	398,78	22,67	1,098	3.519,97
13000	170,3	244	433,81	22,66	1,112	3.859
14000	182,27	240	472,04	22,62	1,105	4.122,95
15000	196,77	241	507,48	22,63	1,113	4.452,91

Tegangan dan Arus adalah tegangan dan arus rata rata yang terukur pada CMS per detik selama proses hoist berlangsung sampai selesai pada ketinggian tertentu. Karena itu:

$$P_{30} = [\sqrt{3} \times V] \cdot I \cdot \cos \phi$$

Dengan  $\cos \phi$  yang tertera pada nameplate motor 0.93.

$$P_{30} = \sqrt{3} \times 241 \text{ V} \cdot 341,13 \text{ A} \cdot 0,93$$

$$P_{30} = 417.4 \text{ V} \cdot 317,409 \text{ A}$$

$$P_{30} = 132,27 \text{ kW}$$

Usaha total yang dilakukan motor hoist memenuhi persamaan berikut:

$$W = P \cdot t$$

$$W = 132,27 \text{ kW} \cdot 22,62 \text{ s}$$

$$W = 2.991,95 \text{ kJ}$$

### 4.3. Analisa Daya Motor Trolley

Tabel 4. Data hasil percobaan trolley pada beban fluktuatif

Berat beban Total (kg)	Daya (KW)	Tegangan (V)	Arus (A)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Usaha (kJ)
10000	22,12	380	36,19	7,13	3,125	157,71
11000	23,23	379	38,10	7,50	3,333	174,22
12000	23,45	380	38,36	7,15	3,103	167,67
13000	24,09	379	39,51	7,30	3,129	175,85
14000	24,31	380	39,77	7,46	3,271	181,35
15000	24,32	379	39,89	7,29	3,421	177,29

Tegangan dan Arus pada tabel di atas di dapat dari tampilan CMS yang diambil pada saat kecepatan motor yang konstan. Karena itu :

$$P_{3\theta} = \sqrt{3} \times V_p \cdot I_p \cdot \cos \varphi$$

Dengan  $\cos \varphi$  yang tertera pada *nameplate* motor 0.93.

$$P_{3\theta} = \sqrt{3} \times 380 \text{ V} \cdot 36,19 \text{ A} \cdot 0,93$$

$$P_{3\theta} = 658,18 \text{ V} \cdot 33,66 \text{ A}$$

$$P_{3\theta} = 22,12 \text{ kW}$$

Usaha yang dilakukan motor *trolley* memenuhi persamaan berikut:

$$W = P \cdot t$$

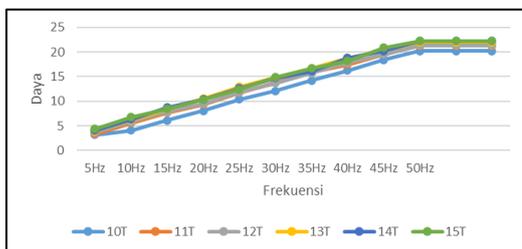
$$W = 22,12 \text{ kW} \cdot 7,13 \text{ s}$$

$$W = 157,71 \text{ kJ}$$

Perhitungan daya dan usaha di atas merupakan perhitungan daya dan usaha dengan beban total sebesar 10 Ton.

Pada saat proses *trolley-reverse* terlihat bahwa besarnya daya yang diperlukan hampir sama disetiap beban. Dapat disimpulkan bahwa beban tidak terlalu memberikan pengaruh yang signifikan.

Daya awal pada saat motor *trolley-reverse* belum mencapai kecepatan maksimum atau kecepatan konstan mengikuti grafik berikut.



Grafik 1. Daya awal motor *trolley-reverse*

Grafik di atas didapat dari tampilan CMS dibutuhkan lebih kurang 3 detik kecepatan awal sebelum mencapai kecepatan maksimum. Daya total pada saat start awal dapat diambil dengan menjumlahkan setiap daya pada masing-masing frekuensi sampai pada kecepatan maksimum atau kecepatan konstan.

Berat beban (kg)	Daya (kW)
10000	92.72
11000	104.34
12000	105.44
13000	112.4
14000	111.94
15000	112.98

Tabel 4.4 Daya awal motor *trolley-reverse*

Dari hasil analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa pada saat motor *trolley* melakukan satu kali *trolley-reverse* dengan berat beban total 15 ton, memerlukan daya sebesar 24,32 kW pada saat motor mencapai kecepatan konstan. Juga pada daya awal pada saat melakukan satu kali *trolley reverse* dengan berat beban total 15 ton, memerlukan daya sebesar 112,98 kW. Analisa ini menyatakan bahwa motor *trolley* yang digunakan pada container crane telah memenuhi kebutuhan daya yang dibutuhkan motor *trolley* untuk melakukan satu kali *trolley-reverse* dengan berat beban total 15 ton.. Yang mana spesifikasi motor *trolley* sudah dijelaskan pada point 2.3.4 poin 2 di atas.

### V. KESIMPULAN

Kesimpulan pada motor *hoist-up* terjadi perubahan arus yang cukup jauh ketika menggunakan beban yang berbeda sedangkan untuk motor *trolley-reverse* tidak ada terjadinya perbedaan arus yang signifikan.

Adapun rangkaian kesimpulan secara garis besar adalah Total daya inputan pada motor *hoist crane* pada saat *hoist-up* adalah lebih besar dari total usaha yang dilakukan oleh crane, ada setiap beban yang lebih besar dari sebelumnya motor *hoist* akan menerima arus yang lebih besar, Kecepatan motor *hoist* mempengaruhi daya yang diberikan, Motor *hoist* yang digunakan pada *container crane* telah memenuhi kebutuhan daya yang dibutuhkan untuk melakukan satu kali *hoist-up* dengan berat beban total 15 ton, Motor *trolley-reverse* menerima arus yang tidak jauh berbeda ketika beban ditambah walapun tetap terjadinya kenaikan arus, Arus tidak mempengaruhi kecepatan motor *hoist*, Berbeda dengan motor *hoist*, motor *trolley* memiliki daya yang lebih kecil saat start awal,

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bagia, Nyoman. 2018. Motor motor listrik. Nusa Tenggara timur : CV Rasi terbit.
- [2] Rijono, Yon. 1997. Dasar teknik tenaga listrik. Yogyakarta : Andi.
- [3] Variable-frequency drive. 2014. frequency\_drive, diakses 28 Agustus 2022).

- [4] Astu Pudjanarsa dan Djati Nursuhud. 2013. Mesin Konversi Energi. Yogyakarta : C.V Andi OFFSET.
- [5] Alto, Asep dkk. 2010. Daya Aktif, Reaktif & Nyata. Fakultas Teknik. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [6] Fafdil, R. Rumus Usaha dalam Fisika Beserta Pengertian, Jenis-jenis, dan 4 Contoh Soal. 2021. (<https://www.zenius.net/blog/rumus-usaha-dalam-fisika>, diakses 28 Agustus 2022)
- [7] P. Harahap, F. I. Pasaribu, C. A. P. Siregar, And B. Oktrialdi, Performance Of Grid-Connected Rooftop Solar PV System For Households During Covid-19 Pandemic, J. Electr. Technol. UMY, Vol. 5, No. 1, Pp. 2631, 2021, Doi: 10.18196/Jet.V5i1.12089.
- [8] R. P. Strong, Steven J, 1987, The Solar Electric House, A Design Manual For Home-Scale Photovoltaic Power Systems, Pennsylvania, Teori Radiasi Matahari, Pp. 644.
- [9] R. Rimbawati, A. A. Hutasuhut, And M. Muharnif, Peningkatan Kapasitas Daya Listrik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Bintang Asih Guna Memenuhi Kebutuhan Penerangan, J. Pengabd. Kpd. Masy., 2019, Doi: 10.24114/Jpkm.V24i4.12836.
- [10] Bonggas L. Tobing, Peralatan Tegangan Tinggi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 2003.
- [11] Danikas M.G, Breakdown of Transformer Oil, IEEE Electtrical Insulation Magazines Vol.6 No.5, September/October 1990.
- [12] PT. Bina Utama Mandiri, Buku Panduan Perawatan Oil Transformator, Medan,2004
- [13] P.T. Bambang Djaya, Methode Pengujian Transformator Distribusi, P.T.Bambang Djaya, Surabaya, 1995.
- [14] Prof. Ir. Abdul Kadir, Transformator, PT Elekmedia Komputindo, 1989.
- [15] SPLN 17 : 1979, Pedoman Pembebanan Transformator Terendam Minyak, Jakarta, 1979. SPLN 49 - 1: 1982 & IEC 269 (unit KV / 2,5 mm).
- [16] William D. Lopper, Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran, Erlangga Mesin dan Rangkaian Listrik, Erlangga.
- [17] Zuhail, Dasar Tenaga Listrik, ITB, 1982.