

## **SIMULASI ALIRAN DAYA PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL DYNAMIC POSITIONING MENGGUNAKAN MATLAB**

Sardono Sarwito<sup>1</sup>, Semin<sup>1</sup>, M. Badrus Zaman<sup>1</sup>, Soedibyo<sup>2</sup>, Juniarko Prananda<sup>1</sup>, Ranndy Zakaria<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

<sup>2</sup>Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Korespondensi, [ranndyzakaria@gmail.com](mailto:ranndyzakaria@gmail.com)

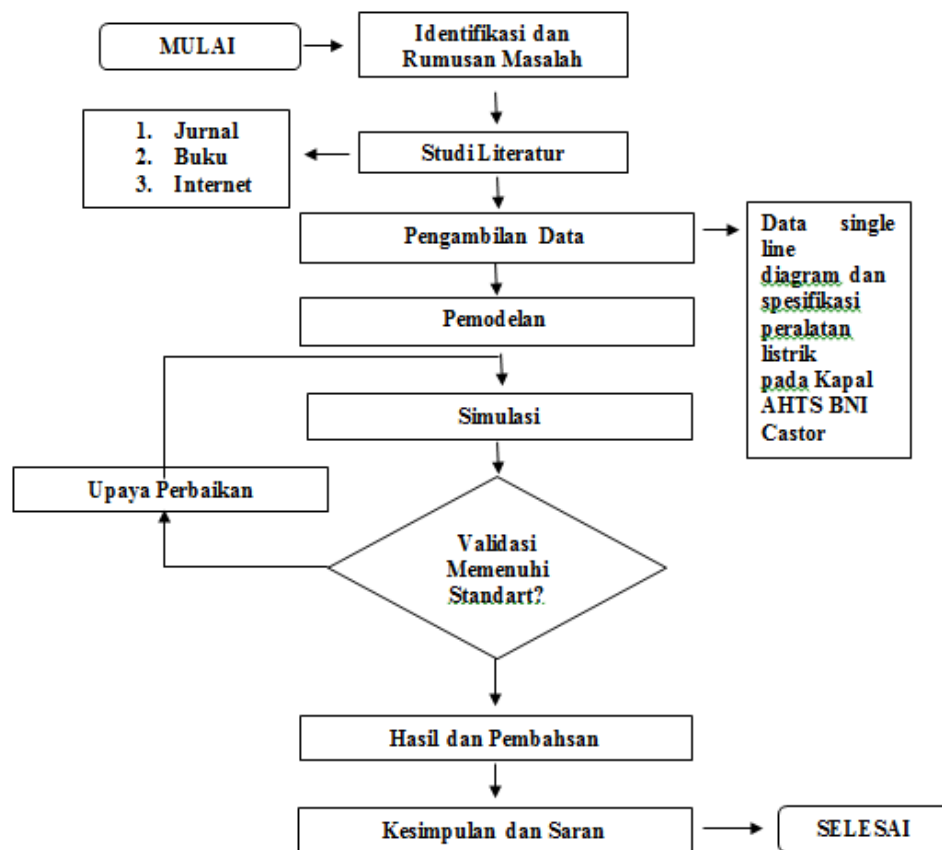
**Abstrak**— *Dynamic Position* merupakan sistem pengendalian yang dapat mengatur posisi kapal secara otomatis dengan menggunakan mekanisme baling-baling, thruster, sensor posisi yang dikombinasikan dengan sensor angin dan sensor gerak yang memberikan informasi pada komputer yang berhubungan langsung dengan posisi kapal. Pada Penelitian ini dilakukan simulasi aliran daya sistem kelistrikan tertutup pada kapal *dynamic positioning* menggunakan software matlab yang bertujuan untuk mengetahui aliran daya listrik yang ditransfer dari generator ke beban yang berupa nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) pada generator ataupun beban, mengetahui nilai rugi daya yang ada pada sistem kelistrikan apakah memenuhi batas-batas yang telah ditentukan, dan mendapatkan solusi pada permasalahan yang timbul. Setelah dilakukan simulasi pada software matlab pada Skenario ke satu (dengan variasi beban 60% dan 75%) diketahui daya generator yang harus dikeluarkan untuk menyuplai beban adalah 357 kW dan 167 kVar sementara pada sisi beban (bow thruster) dengan variasi (60% dan 75%) diketahui 309 kW dan 141 kVar untuk beban 60%, 386 kW dan 176 kVar untuk beban 75%. Metode perbaikan dilakukan dengan metode pergantian kabel dari segi spesifikasi kabelnya. Kabel diubah, dari keadaan awal kabel dengan diameter 70 mm<sup>2</sup> dengan  $Z = 0,325 \Omega/\text{km}$  diubah menjadi 95 mm<sup>2</sup> untuk diameternya dan  $Z = 0,248 \Omega/\text{km}$ . Upaya tersebut meminimalkan rugi daya (*losses*) yang terjadi pada skenario satu dengan variasi beban 100%, yang awalnya 6,74% (diatas standart IEC (+/- 5%)) setelah dilakukan pergantian kabel turun menjadi 3,61% (dibawah standart IEC (+/- 5%)) dan bisa dikatakan aman.

**Kata kunci** : *Dynamic Positioning System*, Analisa aliran daya, *Losses*

## **PENDAHULUAN**

Indonesia adalah salah satu negara maritime terbesar di kawasan asia. saat ini kebutuhan listrik di kapal sangat tinggi, karena hampir semua aktifitas di kapal membutuhkan listrik. *Dynamic Positioning* (DP) *System* merupakan teknologi terbaru di dunia maritim yang diperlukan untuk mendukung pekerjaan kapal yang melayani kegiatan pengeboran minyak dan gas dilaut lepas. *Dynamic Position* pada sebuah kapal merupakan sistem pengendalian yang dapat mengatur posisi kapal secara otomatis dengan menggunakan mekanisme baling-baling, thruster, sensor posisi yang dikombinasikan dengan sensor angin dan sensor gerak yang memberikan informasi pada komputer yang berhubungan langsung dengan posisi kapal dan keadaan cuaca yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, dibutuhkan aliran daya yang baik agar tidak terjadi kerusakan pada komponen listrik khususnya motor listrik sebagai komponen inti *dynamic positioning system*. Analisa aliran daya listrik (*load flow*) adalah suatu studi untuk merencanakan dan mengetahui besarnya daya dalam suatu sistem tenaga listrik, mengetahui aliran daya listrik yang ditransfer dari generator kepada beban-beban listrik. Pada Penelitian ini dilakukan simulasi aliran daya sistem kelistrikan tertutup pada kapal *dynamic positioning* menggunakan software matlab yang bertujuan untuk mengetahui aliran daya listrik yang ditransfer dari generator ke beban yang berupa nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) pada generator ataupun beban, mengetahui nilai rugi daya (*losses*) yang ada pada sistem kelistrikan apakah memenuhi batas-batas yang telah ditentukan, dan mendapatkan solusi pada permasalahan yang timbul.

## METODE PENELITIAN



**Gambar 1.** Flowchart Metodologi Penelitian

Deskripsi Tahapan Penelitian :

### 1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Langkah ini merupakan langkah awal dari penelitian, yaitu dengan mencari masukan terhadap masalah yang diteliti melalui observasi. Peneliti merumuskan masalah mengenai simulasi aliran daya menggunakan matlab : studi kasus bow thruster pada kapal Anchor Handling Tug Supply

### 2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh hasil penelitian yang sesuai dengan permasalahan yang dibahas dengan cara mempelajari teori-teori yang relevan dengan topic kajian. Adapun beberapa macam teori-teori yang dapat mendukung dalam penelitian ini adalah jurnal, buku, internet, dsb. Untuk pencarian berbagai referensi dan literatur dapat dilakukan di beberapa tempat, antara lain :

- 1) Laboratorium Marine Electrical and Automation System, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS
- 2) Laboratorium Elektro FTI - ITS
- 3) Perpustakaan ITS
- 4) Ruang Baca FTK

### 3. Pengumpulan Data

Pengambilan data pendukung diperlukan untuk menunjang analisa pada tugas akhir ini. Adapun data – data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Data Kapal AHTS BNI Castor
2. Data *single line* diagram sistem kelistrikan kapal AHTS BNI Castor
3. Data *wiring* power Kapal AHTS Triton Jawara

#### 4. Proses

Dalam tahap ini ada beberapa proses yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah dalam penelitian ini. Langkah awal adalah dilakukan perhitungan secara manual disesuaikan dengan pengambilan data teknis thruster yang digunakan oleh sistem *dynamic positioning* kapal, perhitungan manual dilakukan untuk divalidasi dengan hasil simulasi aliran daya pada software matlab. Langkah selanjutnya adalah Validasi, Hasil menunjukkan kevalidan dari data dan juga hasil analisa menggunakan *software* matlab serta perhitungan manual sesuai dengan metode yang digunakan.

#### 5. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan ini menjelaskan data-data yang telah tervalidasi apakah sudah sesuai dengan standar (IEEE dan IEC). Setelah itu dilakukan pembahasan factor apa saja yang bisa menyebabkan beberapa data tidak memenuhi standar atau tidak tevalidasi. Serta juga membahas upaya apa yang dilakukan untuk memperbaiki data yang tidak memenuhi standard.

#### 6. Kesimpulan dan Saran

Tahap ini adalah tahap akhir, dimana pada tahap ini dilakukan pembuatan kesimpulan yang diambil dari proses-proses yang telah dilakukan sebelumnya. Dan selanjutnya pemberian saran pada judul ini supaya dapat dilakukan pengembangan kedepannya untuk pembahasan judul ini.

#### 7. Jadwal Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dimulai pada bulan Februari 2019 dan direncanakan akan selesai pada bulan Juli 2019

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Skenario konfigurasi suplai daya menuju beban listrik pada Kapal AHTS BNI Castor dilakukan untuk mendapatkan nilai aliran daya dan nilai losses terendah pada setiap konfigurasi suplai daya yang mungkin terjadi pada *mode maneuvering*. Berikut pada halaman berikutnya merupakan beberapa skenario konfigurasi yang akan dianalisis pada penelitian ini:

**Tabel 1.** Penjelasan Suplai dan Beban per Skenario

Skenario	Suplai Daya	Beban Listrik	Variasi Daya
1	2 Generator Thruster	2 Bow Thruster	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%
2	1 Generator Thruster	2 Bow Thruster	40% - 40% 50% - 50% 60% - 60%
3	2 Generator Thruster, 1 Diesel Generator	2 Bow Thruster & Semua Beban di Kapal	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%

4	2 Generator Thruster, 2 Diesel Generator	2 Bow Thruster & Semua Beban di Kapal	60% - 75% 100% - 80% 100% - 100% 110% - 110%
5	1 Generator Thruster, 2 Diesel Generator	2 Bow Thruster & Semua Beban di Kapal	75% - 75% 80% - 80% 85% - 85%

Setelah dilakukan skenario konfigurasi pembagian suplai dan variasi pembebanan, dilakukan simulasi aliran daya pada software matlab yang bertujuan untuk mengetahui aliran daya listrik yang ditransfer dari generator ke beban yang berupa nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) pada generator ataupun beban, mengetahui nilai rugi daya (*losses*) yang ada pada sistem kelistrikan apakah memenuhi batas-batas yang telah ditentukan, dan mendapatkan solusi pada permasalahan yang timbul. Berikut adalah pemodelan pada software matlab :

#### %% Perhitungan Naik

```
I_motor = Motor(:,1) .* Motor(:,4) ./ (Motor(:,2).*Motor(:,3));
DV_motor = I_motor .* R_kabel_mot;
V_bus = max(Motor(:,2) + DV_motor, [], 'omitnan');
I_bus = sum(I_motor,'omitnan');
```

#### % bagi beban

```
I_gen = I_bus .* rasio_gen;
DV_gen = I_gen .* R_kabel_gen;
V_gen = (V_bus + DV_gen) .* ~(DV_gen==0);
```

```
P_gen = V_gen .* I_gen .* Generator(:,3);
```

#### %% Perhitungan Turun

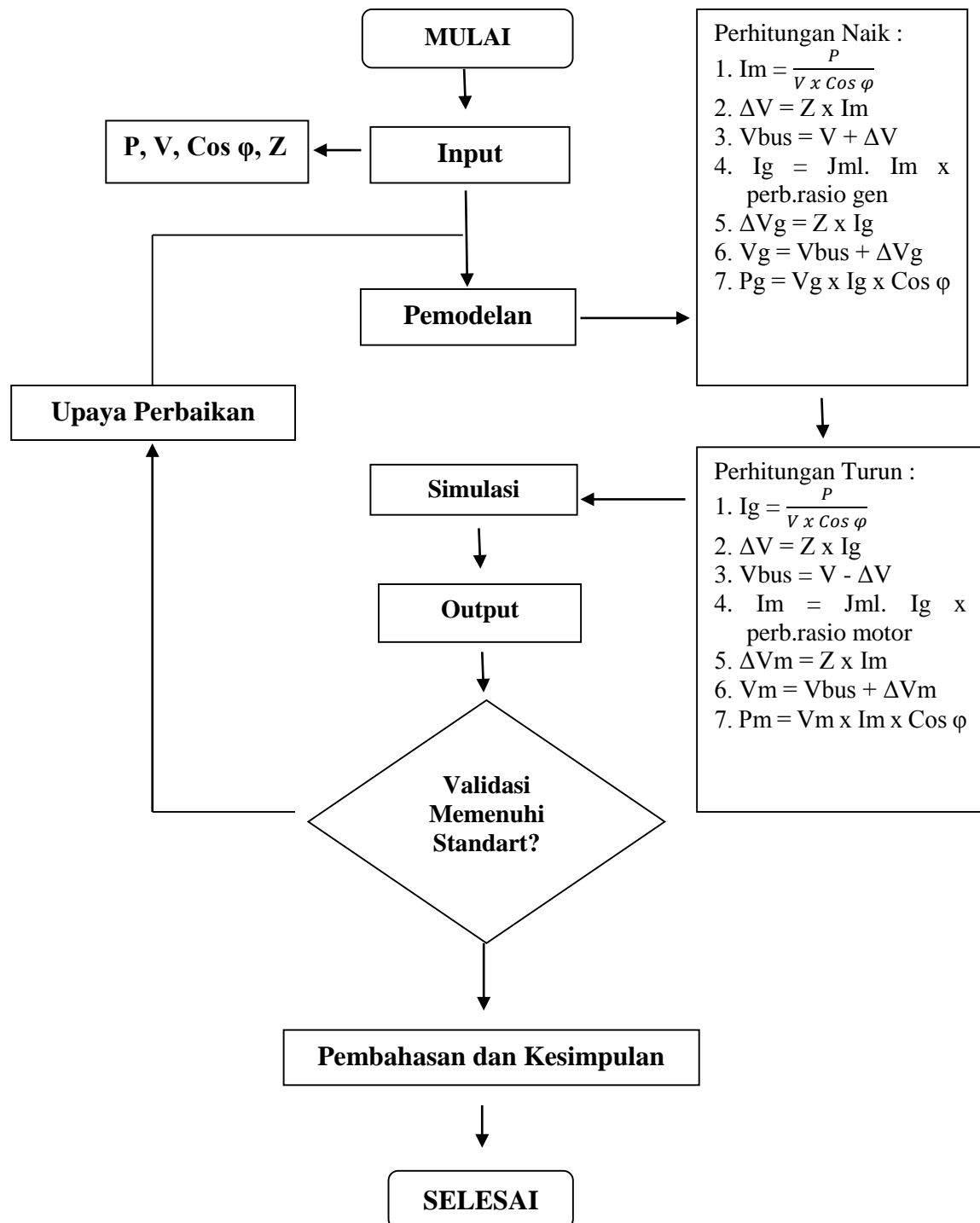
```
I_gen = P_gen ./ (Generator(:,2) .* Generator(:,3));
DV_gen = I_gen .* R_kabel_gen;
```

```
V_bus = min(Generator(:,2) - DV_gen, [], 'omitnan');
I_motor = sum(I_gen,'omitnan').*rasio_mot;
DV_motor = I_motor .* R_kabel_mot;
```

```
V_motor = (V_bus - DV_motor) .* ~(DV_motor==0);
P_motor = V_motor .* I_motor .* Motor(:,3);
```

```
V_drop = (1-(V_motor ./ Motor(:,2)));
```

Pemodelan diatas dapat digambarkan pada flow chart dibawah ini :



**Gambar 2.** Flowchart Pengerjaan Matlab

Dari simulasi aliran daya pada software matlab diketahui nilai daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.** Nilai Daya Aktif (P) dan Daya Reaktif (Q)

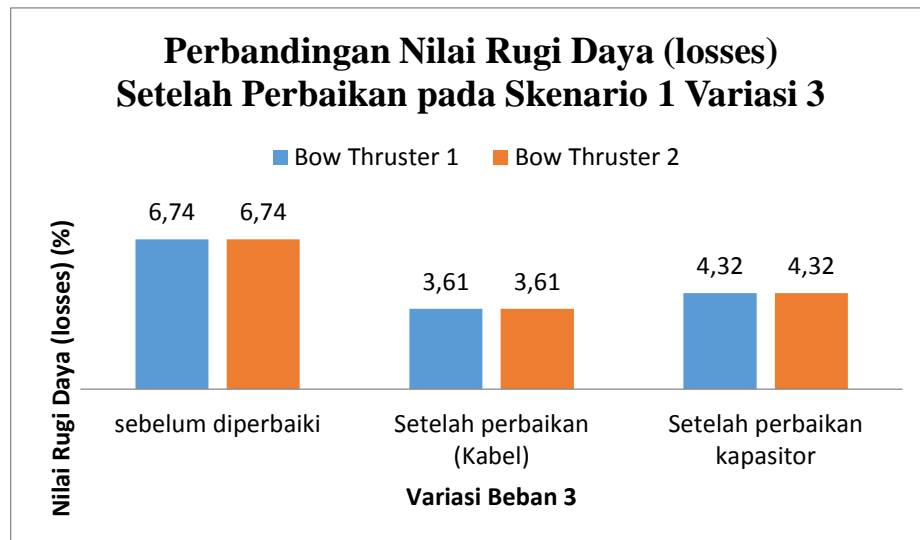
No	Skenario	Variasi Daya	Gen. Thruster	Diesel Gen.	Bow Thruster 1	Bow Thruster 2	Beban di Kapal
1	1	60% - 75%	362 kW, 172 kVar	-	309 kW, 141 kVar	385 kW, 175 kVar	-
		100% - 80%	490 kW, 236 kVar	-	512 kW, 233 kVar	412 kW, 188 kVar	-
		100% - 100%	545 kW, 263 kVar	-	511 kW, 233 kVar	511 kW, 233 kVar	-
		110% - 110%	603 kW, 293 kVar	-	562 kW, 256 kVar	562 kW, 256 kVar	-
2	2	40% - 40%	427 kW, 201 kVar	-	205 kW, 94 kVar	205 kW, 94 kVar	-
		50% - 50%	538 kW, 256 kVar	-	256 kW, 117 kVar	256 kW, 117 kVar	-
		60% - 60%	651 kW, 312 kVar	-	307 kW, 140 kVar	307 kW, 140 kVar	-
3	3	60% - 75% ; 60%	373 kW, 177 kVar	161 kW, 76 kVar	309 kW, 141 kVar	384 kW, 175 kVar	178 kW, 81 kVar
		100% - 80% ; 60%	478 kW, 230 kVar	206 kW, 98 kVar	510 kW, 233 kVar	411 kW, 187 kVar	179 kW, 82 kVar
		100% - 100% ; 60%	524 kW, 253 kVar	226 kW, 107 kVar	510 kW, 232 kVar	510 kW, 232 kVar	179 kW, 82 kVar
		110% - 110% ; 60%	571 kW, 277 kVar	246 kW, 117 kVar	560 kW, 255 kVar	560 kW, 255 kVar	179 kW, 82 kVar
4	4	60% - 75% ; 60%	315 kW, 149 kVar	137 kW, 64 kVar	309 kW, 141 kVar	384 kW, 175 kVar	178 kW, 81 kVar
		100% - 80% ; 60%	404 kW, 193 kVar	175 kW, 83 kVar	510 kW, 233 kVar	411 kW, 187 kVar	179 kW, 82 kVar
		100% - 100% ; 60%	442 kW, 212 kVar	191 kW, 91 kVar	510 kW, 232 kVar	510 kW, 232 kVar	179 kW, 82 kVar
		110% - 110% ; 60%	482 kW, 233 kVar	208 kW, 99 kVar	560 kW, 255 kVar	560 kW, 255 kVar	179 kW, 82 kVar
5	5	75% - 75% ; 60%	532 kW, 255 kVar	229 kW, 108 kVar	381 kW, 174 kVar	381 kW, 174 kVar	177 kW, 81 kVar
		80% - 80% ; 60%	563 kW, 270 kVar	242 kW, 114 kVar	406 kW, 185 kVar	406 kW, 185 kVar	177 kW, 81 kVar
		85% - 85% ; 60%	594 kW, 286 kVar	255 kW, 121 kVar	431 kW, 197 kVar	431 kW, 197 kVar	177 kW, 81 kVar

Dari simulasi aliran daya pada software matlab juga diketahui nilai rugi daya (losses) pada tabel dibawah ini :

**Tabel 3.** Nilai Rugi Daya (losses) yang melewati standar tegangan jatuh pada setiap skenario konfigurasi

NO	Skenario	Variasi Beban	Nilai Tegangan Jatuh > Standar IEC (5%)	
			Bow Thruster 1	Bow Thruster 2
1	1	BT1 (100%) BT 2 (80%)	6,26	5,54
		BT1 (100%) BT 2 (100%)	6,74	6,74
		BT1 (110%) BT 2 (110%)	7,46	7,46
2	2	BT1 & BT2 (60%)	6,02	6,02
3	3	BT 1 (100%) BT 2 (80%)	6,26	5,54
		BT 1 (100%) BT 2 (100%)	6,5	6,5
		BT 1 (110%) BT 2 (110%)	7,22	7,22
4	4	BT 1 (100%) BT 2 (80%)	5,78	5,06
		BT 1 (100%) BT 2 (100%)	6,02	6,02
		BT 1 (110%) BT 2 (110%)	6,50	6,50
5	5	BT 1 & BT 2 (75%)	5,78	5,78
		BT1 & BT 2 (80%)	6,02	6,02
		BT 1 & BT 2 (85%)	6,50	6,50

Terdapat dua jenis perbaikan yang dapat dilakukan terhadap sistem pada skenario 1 (dua *generator thruster*) untuk suplai dua buah *bow thruster* variasi beban 100%. Yaitu dengan penggantian kabel atau penambahan kapasitor. Berikut grafik di bawah menunjukkan perbandingan nilai tegangan jatuh setelah dilakukan perbaikan terhadap sistem:



**Gambar 3.** Perbandingan Nilai Rugi Daya (losses) setelah perbaikan pada skenario 1 variasi 3

## KESIMPULAN

Setelah melakukan simulasi aliran daya dengan berbagai skenario konfigurasi serta variasi beban pada kapal AHTS BNI Castor, berdasarkan hasil simulasi *load flow analysis* pada perangkat lunak *software simulation* maka penulis dapat mengambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari Hasil Analisis aliran daya menggunakan aplikasi didapatkan nilai daya aktif (P), daya reaktif (Q) pada operasional *dynamic positioning*. Dengan langkah awal yaitu menginput data beban pada aplikasi (daya aktif (P) dan daya reaktif (Q)) dari dua *bow thruster*. Setelah itu aplikasi di "run" dan akan menampilkan berapa daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) yang harus dikeluarkan generator guna mensuplai beban,

No	Skenario	Variasi Daya	Gen. Thruster	Diesel Gen.	Bow Thruster 1	Bow Thruster 2	Beban di Kapal
1	1	60% - 75%	362 kW, 172 kVar	-	309 kW, 141 kVar	385 kW, 175 kVar	-
		100% - 80%	490 kW, 236 kVar	-	512 kW, 233 kVar	412 kW, 188 kVar	-
		100% - 100%	545 kW, 263 kVar	-	511 kW, 233 kVar	511 kW, 233 kVar	-
		110% - 110%	603 kW, 293 kVar	-	562 kW, 256 kVar	562 kW, 256 kVar	-
2	2	40% - 40%	427 kW, 201 kVar	-	205 kW, 94 kVar	205 kW, 94 kVar	-
		50% - 50%	538 kW, 256 kVar	-	256 kW, 117 kVar	256 kW, 117 kVar	-
		60% - 60%	651 kW, 312 kVar	-	307 kW, 140 kVar	307 kW, 140 kVar	-
3	3	60% - 75%; 60%	373 kW, 177 kVar	161 kW, 76 kVar	309 kW, 141 kVar	384 kW, 175 kVar	178 kW, 81 kVar
		100% - 80%; 60%	478 kW, 230 kVar	206 kW, 98 kVar	510 kW, 233 kVar	411 kW, 187 kVar	179 kW, 82 kVar
		100% - 100%; 60%	524 kW, 253 kVar	226 kW, 107 kVar	510 kW, 232 kVar	510 kW, 232 kVar	179 kW, 82 kVar
		110% - 110%; 60%	571 kW, 277 kVar	246 kW, 117 kVar	560 kW, 255 kVar	560 kW, 255 kVar	179 kW, 82 kVar
4	4	60% - 75%; 60%	315 kW, 149 kVar	137 kW, 64 kVar	309 kW, 141 kVar	384 kW, 175 kVar	178 kW, 81 kVar
		100% - 80%; 60%	404 kW, 193 kVar	175 kW, 83 kVar	510 kW, 233 kVar	411 kW, 187 kVar	179 kW, 82 kVar
		100% - 100%; 60%	442 kW, 212 kVar	191 kW, 91 kVar	510 kW, 232 kVar	510 kW, 232 kVar	179 kW, 82 kVar
		110% - 110%; 60%	482 kW, 233 kVar	208 kW, 99 kVar	560 kW, 255 kVar	560 kW, 255 kVar	179 kW, 82 kVar
5	5	75% - 75%; 60%	532 kW, 255 kVar	229 kW, 108 kVar	381 kW, 174 kVar	381 kW, 174 kVar	177 kW, 81 kVar
		80% - 80%; 60%	563 kW, 270 kVar	242 kW, 114 kVar	406 kW, 185 kVar	406 kW, 185 kVar	177 kW, 81 kVar
		85% - 85%; 60%	594 kW, 286 kVar	255 kW, 121 kVar	431 kW, 197 kVar	431 kW, 197 kVar	177 kW, 81 kVar

2. Tidak Hanya daya aktif (P) dan daya reaktif (Q), dari hasil analisis aliran daya akan didapatkan nilai nilai losses yang ada pada sistem kelistrikan kapal AHTS BNI CASTOR. Setelah dilakukan beberapa skenario dan variasi pembebanan didapatkan nilai nilai losses termasuk adalah rugi daya (*losses*),

NO	Skenario	Variasi Beban	Nilai Tegangan Jatuh > Standar IEC (5%)	
			Bow Thruster 1	Bow Thruster 2
1	1	BT1 (100%) BT 2 (80%)	6,26	5,54
		BT1 (100%) BT 2 (100%)	6,74	6,74
		BT1 (110%) BT 2 (110%)	7,46	7,46
2	2	BT1 & BT2 (60%)	6,02	6,02
3	3	BT 1 (100%) BT 2 (80%)	6,26	5,54
		BT 1 (100%) BT 2 (100%)	6,5	6,5
		BT 1 (110%) BT 2 (110%)	7,22	7,22
4	4	BT 1 (100%) BT 2 (80%)	5,78	5,06
		BT 1 (100%) BT 2 (100%)	6,02	6,02
		BT 1 (110%) BT 2 (110%)	6,50	6,50
5	5	BT 1 & BT 2 (75%)	5,78	5,78
		BT1 & BT 2 (80%)	6,02	6,02
		BT 1 & BT 2 (85%)	6,50	6,50

3. Terdapat dua metode perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki nilai tegangan jatuh, Metode perbaikan diterapkan pada skenario 1 variasi pembebanan ke 3. Yang pertama adalah Perbaikan dengan pergantian kabel, kabel diubah dari ukuran 50 mm<sup>2</sup> menjadi 95 mm<sup>2</sup> Upaya ini meminimalkan tegangan jatuh yang terjadi pada *bow thruster 1 dan 2* 6,74 % turun menjadi 3,61 %, Kemudian perbaikan dengan metode penambahan kapasitor diterapkan pada beban *bow thruster 1 dan 2*, masing-masing sebesar 170 kVAR. Setelah penambahan kapasitor sebesar 170,81 KVAR nilai factor daya meningkat sekitar 10 % dari nilai sebelumnya sebesar 86% sehingga menjadi 96% kenaikan factor daya tersesbut mengakibatkan nilai arus yang mengalir pada rangkaian mengalami penurunan dari sebesar 1533,293 menjadi 1365,148. Losees yang awalnya melewati batas toleransi IEC (+/- 5%) yaitu sebesar 6,74% turun menjadi 4,32% sehingga dapat dikatakan bahwa konfigurasi listrik tersebut aman di operasikan karena tidak melebihi batas yang di tentukan oleh standard.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, H. 2009. Analisa Load Flow dalam sistem Tenaga Listrik di PT. Sinar Sosro Ungaran. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- American Bureau of Shipping, 2013. Guide for Dynamic Positioning Systems.
- Arbi, S., 2017. Analisis Stabilitas Tegangan dan Frekuensi pada Microgrid AC Terhubung DG pada Mode Grid Connected dan Islanding. Fak. Teknol. Elektro Inst. Teknol. Sepuluh Nopember.
- Asy'ari, H., 2011. Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rekonfigurasi Beban pada Panel Utama Prambanan 5.
- Balchen(c), J. G. Jenssen, N. A., Mathisen, E., and Saelid, S., (1980) Dynamic Positioning system based on kalman filtering and optimal control, *Modeling, Identification and Con-trol MIC-1*(3): 135-163.
- Berlianti, R., 2015. Analisis Motor Induksi Fasa Tiga Tipe Rotor Sangkar Sebagai Generator Induksi Dengan Variasi Hubungan Kapasitor Untuk Eksitasi. J. Nas. Tek. Elektro 4, 110–119. <https://doi.org/10.20449/jnte.v4i1.135>
- Dharamjit, D.K, T., 2012. Load Flow Analysis on IEEE 30 bus System 2, 6.
- Hermanto, Farid, sukmadi, 2013. Analisis Jatuh Tegangan dan Arus Hubung Singkat Pada Jaringan Tegangan Menengah PT RUM.docx.
- Holvik, J., 1998. Basics of Dynamic Positioning. Presented at the Dynamic Positioning



**Seminar Nasional Kelautan XIV**

"Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Conference, Dynamic Positioning Comitee, houston, p. 10.

IMCA M103 Rev 1 (2007): *Guidelines for the Design & Operation of Dynamically Positioned Vessels*, <http://www.imca-int.com>.

IMO MSC/Crc 645 (1994) : *Guidellines for Vessels with Dynamic Positioning Systems*

Li, T., 2013. DP systems for offshore vessel positioning in deep water. Fac. Sci. Technol. Univ. Stavanger.

Sigit, A. P. 2015. Analisis Aliran Daya (Load Flow) dalam Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Software ETAP Power Station 4.0.0 di PT. Kota Jati Furnindo Jepara. Skripsi. Semarang : Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.

Wahyudianto, M.F., Sarwito, S., Kurniawan, A., 2016. Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik di Kapal Penumpang dengan Menggunakan Metode Simulasi. Fak. Teknol. Kelaut. Inst. Teknol. Sepuluh Nop. 5, 5.