

**ANALISIS ALIRAN DAYA LISTRIK  
PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL TUGBOAT  
MENGUNAKAN ETAP 19.0**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

**Oleh**

**Arbaz Ahmad**

**NPM: 2410017111043**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**PADANG**

**2026**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS ALIRAN DAYA LISTRIK  
PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL TUGBOAT  
MENGUNAKAN ETAP 19.0

SKRIPSI

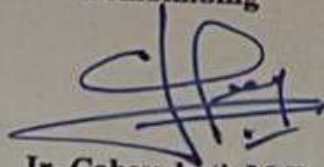
*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Bung Hatta*

OLEH:

Arbaz Ahmad

NPM: 2410017111043

Disetujui oleh:  
Pembimbing



Ir. Cahayahati, M.T

NIK: 930500331

Diketahui Oleh :

Fakultas Teknologi Industri  
Dekan,



Prof. Dr. Eng. Reni Desmiarti, S.T., M.T.  
NIDN : 1012097403

Prodi Teknik Elektro  
Ketua,



Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc  
NIDN : 1028076501

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI  
ANALISIS ALIRAN DAYA LISTRIK  
PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL TUGBOAT  
MENGUNAKAN ETAP 19.0

SKRIPSI

Oleh :

Arbaz Ahmad  
NPM: 2410017111043

*Dipertahankan Di Depan Penguji Skripsi  
Program Strata Satu (S-1) Pada Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta  
Hari : Senin, 16 Februari 2026*

No. Nama

Tanda Tangan

1. Ir. Cahayahati, M.T.  
(Ketua dan Penguji)
2. Dr. Ir. Hidayat, M.T., IPM  
(Penguji)
3. Ir. Eddy Soesilo, M.Eng  
(Penguji)



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa ini sebagian maupun keseluruhan Skripsi saya dengan judul "ANALISIS ALIRAN DAYA LISTRIK PADA SISTEM KELISTRIKAN KAPAL TUGBOAT MENGGUNAKAN ETAP 19.0" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Padang, 26 Februari 2026



Arbaz Ahmad  
NPM: 2410017111043

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran ALLAH SUBHANAHU WA TA'ALA, karena atas ridho dan hidayah-Nya lah penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan judul “Analisis Aliran Daya Listrik Pada Sistem Kelistrikan Kapal Tugboat Menggunakan ETAP 19.0”. Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini yaitu sebagai persyaratan untuk menyelesaikan dan memperoleh gelar kesarjanaan (Strata-1) pada jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta Padang. Terlaksananya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Teristimewa, terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta dan seluruh keluarga atas jasa, bimbingan, nasihat, motivasi, dan do'a sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu Prof. Dr. Reni Desmiarti, S.T, M.T selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta.
3. Bapak Dr. Ir. Indra Nisja, M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
4. Bapak Ir. Cahayahati, M.T. selaku Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk dapat membimbing, mengkoreksi, memberi saran, dan memberikan petunjuk selama proses pembuatan skripsi ini.
5. Bapak MirzaZoni S.T, M.T. selaku Pengampu mata kuliah Metode Riset.
6. Seluruh Bapak/Ibu dosen jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta.
7. Rekan - rekan yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan pembuatan skripsi ini.

Batam, 16 Februari 2026

Arbaz Ahmad

## ABSTRAK

Kapal tugboat merupakan kapal bantu yang memiliki peran penting dalam mendukung manuver kapal besar di pelabuhan maupun perairan sempit. Keandalan operasionalnya sangat dipengaruhi oleh sistem kelistrikan yang menyuplai daya bagi berbagai peralatan utama dan bantu. Ketidaksesuaian antara kapasitas generator dan kebutuhan beban dapat menyebabkan overload, penurunan tegangan, serta menurunkan efisiensi sistem distribusi daya.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aliran daya listrik pada sistem kelistrikan kapal tugboat berdasarkan wiring diagram dengan menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0 serta verifikasi perhitungan manual metode Newton–Raphson. Analisis dilakukan pada dua kondisi operasi, yaitu kondisi beban puncak (worst case) dan kondisi beban operasional (partial load).

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi worst case, daya aktif generator mencapai 65 kW dan daya reaktif sebesar 34 kvar dengan tingkat pembebanan 162,5%, sehingga terjadi kondisi overload terhadap kapasitas nominal generator 40 kW. Sedangkan pada kondisi partial load, daya aktif generator sebesar 37 kW dan daya reaktif 17 kvar dengan tingkat pembebanan 92,5%, sehingga sistem berada dalam batas aman operasi. Penurunan daya reaktif sebesar 50% pada kondisi partial load meningkatkan faktor daya dari 0,886 menjadi 0,909. Nilai drop tegangan maksimum sebesar 0,16% masih berada dalam batas toleransi yang diperkenankan. Hasil perhitungan manual metode Newton–Raphson menunjukkan selisih tegangan terhadap simulasi ETAP kurang dari 0,01%, sehingga metode manual dinyatakan valid.

Berdasarkan hasil tersebut, sistem kelistrikan kapal tugboat tidak memenuhi kapasitas aman pada kondisi beban puncak, sehingga diperlukan manajemen beban atau peningkatan kapasitas generator untuk menjaga keandalan dan efisiensi sistem.

Kata kunci: *Aliran daya, kapal tugboat, ETAP 19.0, Newton-Raphson, sistem kelistrikan, generator.*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Penelitian .....	6
2.2 Landasan Teori .....	8
2.2.1 Sistem Kelistrikan Kapal.....	8
2.2.2 Persamaan Daya Dan Aliran Daya.....	12
2.2.3 Metode Newton-Raphson Untuk Studi Aliran Daya .....	15
2.2.4 Kapal Tugboat.....	17
2.2.5 Etap Untuk Studi Aliran Daya .....	19
2.3 Hipotesis .....	20

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>22</b>
3.1 Alat dan Bahan Penelitian .....	22
3.1.1 Alat Penelitian.....	22
3.1.2 Bahan Penelitian .....	23
3.1.3 Pemodelan Di ETAP .....	30
3.2 Alur Penelitian.....	34
3.3 Pengumpulan dan Pengolahan Data .....	38
3.3.1 Pengumpulan Data.....	38
3.3.2 Menginput Data .....	38
3.4 Simulasi Aliran Daya.....	39
3.5 Hasil Simulasi Aliran Daya .....	40
3.6 Hipotesis .....	41
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>42</b>
4.1 Data Instalasi Tenaga Listrik Kapal Tugboat .....	42
4.2 Gambar Satu Garis Sistem Kelistrikan Kapal Tugboat .....	43
4.3 Simulasi Analisis Aliran Daya Sistem Kelistrikan Kapal Tugboat Menggunakan ETAP .....	49
4.3.1 Analisis Aliran Daya Kondisi Worst Case (Saat Seluruh Beban Aktif).....	50
4.3.2 Analisis Aliran Daya Kondisi Beban Operasional (Partial Load)...	52
4.3.3 Perbandingan Kondisi Worst Case Dan Beban Operasional .....	55
4.4 Analisis Aliran Daya Menggunakan Metode Newton-Raphson .....	57
4.5 Perbandingan Hasil Analisis ETAP Dan Metode Newton-Raphson..	64
4.6 Pembahasan Hasil.....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
5.1 Kesimpulan .....	66

5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>69</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>69</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Generator.....	9
Gambar 2.2 Kapal Tugboat .....	18
Gambar 3.1 Rancangan ETAP .....	30
Gambar 3.2 Flowchart Penelitian.....	35
Gambar 4.1 Cubicle Generator .....	42
Gambar 4.2 Distribusi Main Bus Bar.....	44
Gambar 4.3 Main Deck.....	45
Gambar 4.4 Wheel House .....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sistem Distribusi .....	11
Tabel 2.2 Jenis Beban.....	12
Tabel 3.1 Spesifikasi Generator .....	23
Tabel 3.2 Beban Resistif .....	24
Tabel 3.3 Beban Induktif.....	25
Tabel 3.4 Beban Kapasitif.....	28
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Analisis Menggunakan ETAP .....	53
Tabel 4.2 Tabel Iterasi .....	61
Tabel 4.3 Perbandingan ETAP VS Newton-Raphson .....	62

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kapal tugboat memiliki peran penting dalam mendukung aktivitas pelayaran dan pelabuhan, terutama dalam membantu manuver kapal-kapal besar yang memiliki keterbatasan pergerakan. Tugboat digunakan untuk menarik, mendorong, atau mengarahkan kapal lain, baik saat berada di pelabuhan, kanal sempit, maupun dalam keadaan darurat di perairan terbuka. Keandalan sistem operasional kapal tugboat sangat bergantung pada sistem kelistrikan yang bertugas menyuplai daya bagi mesin utama, sistem navigasi, komunikasi, serta peralatan bantu lainnya seperti pompa, lampu penerangan, dan sistem pendingin.

Sistem kelistrikan pada kapal tugboat umumnya disuplai oleh beberapa generator diesel yang memiliki kapasitas berbeda. Daya listrik dari generator ini dialirkan ke Main Switchboard (MSB), kemudian didistribusikan melalui busbar utama ke panel distribusi dan berbagai beban di kapal. Untuk menjamin kontinuitas dan keamanan distribusi daya, sistem ini dilengkapi dengan perangkat proteksi seperti MCCB (Molded Case Circuit Breaker), relay proteksi, dan sistem interlock yang mencegah dua sumber daya aktif secara bersamaan.

Seiring dengan waktu, berbagai permasalahan sering muncul pada sistem kelistrikan kapal, baik akibat usia komponen proteksi, kesalahan penyetelan sistem proteksi, maupun beban yang bertambah tanpa peningkatan kapasitas kelistrikan. Salah satu permasalahan yang cukup sering ditemukan adalah ketidaksesuaian antara total kebutuhan daya beban dengan kapasitas suplai generator, yang dapat menimbulkan gangguan tegangan rendah (undervoltage) maupun overload. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan analisis aliran daya listrik untuk mengetahui apakah kapasitas generator telah memadai dalam melayani seluruh beban operasional kapal serta menjaga kestabilan sistem distribusi daya.

Bayu Choirawan, Fajar Pujiyanto, dan M. Aji Luhur Pambudi (2023) pada penelitian mereka yang berjudul “Analisis Gangguan Undervoltage dalam Instalasi Jaringan Power Listrik Kapal”, menyatakan bahwa gangguan undervoltage dapat

menyebabkan penurunan performa alat, kegagalan sistem kelistrikan, dan bahkan blackout jika tidak diantisipasi dengan sistem proteksi yang baik. Permasalahan seperti beban tidak seimbang, lonjakan arus, dan pengaruh lingkungan laut turut memperparah kondisi sistem distribusi daya di kapal. [1]

Dalam penelitian lainnya, Ryanda Davicky, Purwoharjono, dan Zainal Abidin (2025) pada penelitian yang berjudul “Analisis Pembebanan dan Pengujian Sistem Kelistrikan pada kapal tugboat Delta Cakra 31”, menekankan bahwa pemahaman wiring diagram menjadi sangat krusial untuk mendeteksi potensi gangguan, terutama pada kapal-kapal dengan distribusi beban yang kompleks. Melalui pendekatan analisis aliran daya, engineer dapat menghitung total kebutuhan daya dalam berbagai kondisi operasional kapal serta menyesuaikannya dengan kapasitas generator yang tersedia. [2]

Selain dari penelitian yang telah disebutkan sebelumnya, ada beberapa kasus nyata tentang permasalahan kelistrikan pada kapal. Yang pertama adalah kasus blackout yang terjadi pada KM. Wiras Permata 01 dan KM. Wiras Permata 02 menjadi contoh nyata pentingnya sistem kelistrikan yang andal di kapal. Pada awal Mei 2024, kedua kapal mengalami kehilangan daya total selama lebih dari tiga hari di perairan Pulau Bangka. Keterlambatan evakuasi dan gangguan sistem kelistrikan menyebabkan kedua kapal tidak dapat melanjutkan pelayaran hingga mendapat bantuan dari kapal lain. Kejadian ini menjadi bukti bahwa sistem kelistrikan kapal harus dirancang dengan mempertimbangkan keandalan suplai daya cadangan, pengamanan jalur distribusi, dan kemampuan deteksi gangguan. [3]

Kapal kargo MV Grand Fortune juga mengalami blackout di perairan utara Pulau Sakala, Sumenep, pada Oktober 2024 akibat kerusakan pada auxiliary engine dan switch breaker. Peristiwa ini menunjukkan pentingnya sistem proteksi kelistrikan yang handal pada kapal niaga. Dari sisi wiring diagram, kegagalan breaker dan dinamo menunjukkan adanya potensi cacat dalam skema distribusi dan kurangnya perlindungan terhadap beban lebih. [4]

Ada juga kasus dimana KM. Dharma Kartika IX mengalami blackout saat manuver akibat pembebanan tinggi dari penggunaan bow thruster. Kejadian ini mengindikasikan perlunya perhitungan beban yang cermat serta sistem proteksi

yang responsif terhadap perubahan beban mendadak. Ketiga kejadian ini memperkuat urgensi dilakukannya studi aliran daya berdasarkan wiring diagram untuk memastikan sistem kelistrikan bekerja secara andal dan efisien. [5]

Dalam sistem kelistrikan kapal, beban listrik terdiri dari berbagai peralatan yang memiliki karakteristik daya aktif dan daya reaktif yang berbeda. Perbedaan ini memengaruhi faktor daya serta besarnya arus yang mengalir dalam sistem distribusi. Oleh karena itu, analisis aliran daya diperlukan untuk mengetahui profil tegangan, distribusi daya, serta rugi-rugi daya yang terjadi dalam sistem.

Pemahaman terhadap kondisi pembebanan dan distribusi daya menjadi penting untuk menilai keseimbangan antara suplai daya generator dan kebutuhan beban dalam sistem kelistrikan kapal. Apabila kapasitas generator tidak sesuai dengan total kebutuhan daya yang terpasang, maka dapat terjadi gangguan seperti overload, penurunan tegangan (undervoltage), maupun ketidakseimbangan daya yang berpotensi mengganggu operasional kapal.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, maka penelitian ini berfokus pada analisis aliran daya listrik pada sistem kelistrikan kapal tugboat. Penelitian ini akan menggunakan wiring diagram yang tersedia sebagai dasar permodelan sistem kelistrikan kapal, dan dilanjutkan dengan simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak ETAP 19.0. Dengan demikian, dapat dianalisis apakah beban-beban listrik yang terpasang telah sesuai dengan kapasitas suplai daya generator. Hasil dari simulasi ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam mengevaluasi kelayakan sistem eksisting serta memberikan rekomendasi teknis yang tepat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini akan berfokus pada beberapa permasalahan utama yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana konfigurasi dan sistem distribusi kelistrikan kapal tugboat berdasarkan wiring diagram yang digunakan sebagai dasar pemodelan di ETAP 19.0?
2. Bagaimana aliran daya listrik pada sistem distribusi kelistrikan kapal tugboat

ketika seluruh beban beroperasi, berdasarkan hasil simulasi menggunakan ETAP?

3. Apakah kapasitas daya generator yang tersedia telah mencukupi untuk melayani seluruh beban listrik kapal berdasarkan hasil simulasi aliran daya menggunakan ETAP 19.0?
4. Sejauh mana rugi-rugi daya (power losses) terjadi dalam sistem distribusi, dan bagaimana pengaruhnya terhadap efisiensi pasokan daya dari generator?

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terarah dan memiliki ruang lingkup yang jelas, maka perlu ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Analisis hanya dilakukan berdasarkan wiring diagram sistem kelistrikan kapal tugboat yang tersedia, tanpa melibatkan pengukuran langsung di lapangan atau pengujian peralatan secara fisik.
2. Beban listrik yang dianalisis dibatasi pada beban utama yang teridentifikasi dalam wiring diagram dan digunakan sebagai data input dalam simulasi aliran daya.
3. Simulasi aliran daya dilakukan menggunakan perangkat lunak ETAP versi 19.0 untuk menghitung distribusi daya, kapasitas pemakaian generator, dan rugi-rugi daya.
4. Analisis tidak mencakup aspek proteksi seperti setting relay, sistem kontrol otomatis, atau skenario gangguan listrik, karena fokus utama adalah pada keseimbangan daya antara beban dan generator.
5. Standar teknis yang digunakan terbatas pada referensi umum industri perkapalan dan standar kelistrikan maritim yang berlaku, tanpa merujuk pada regulasi spesifik tertentu.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis aliran daya listrik dalam sistem distribusi kelistrikan kapal tugboat menggunakan simulasi perangkat lunak ETAP berdasarkan data wiring diagram yang tersedia. Hasil perhitungan ini digunakan

untuk menilai apakah kapasitas daya generator telah mencukupi untuk melayani seluruh kebutuhan beban kapal, serta untuk mengetahui besarnya rugi-rugi daya (power losses) yang terjadi dalam sistem distribusi dan dampaknya terhadap efisiensi pemakaian daya dari generator.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan gambaran teknis mengenai sistem distribusi kelistrikan kapal tugboat berdasarkan data wiring diagram yang tersedia.
2. Menyediakan informasi mengenai aliran daya listrik dan kecukupan kapasitas generator dalam melayani beban operasional kapal melalui hasil simulasi berbasis perangkat lunak ETAP.
3. Menjadi acuan awal dalam mengevaluasi efisiensi sistem distribusi kelistrikan kapal tugboat melalui analisis rugi-rugi daya (power losses).
4. Menjadi referensi tambahan bagi perancang sistem kelistrikan kapal, khususnya dalam hal perencanaan pembebanan generator dan perhitungan distribusi daya.