

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Energi Surya

Matahari merupakan sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1.000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30% energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47 % dikonversikan menjadi panas, 23% digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang, dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (Gede Widayana, 2012).

Salah satu ciri khas dari adalah sifat keberadaannya selalu berubah-ubah. Meskipun hari cerah dan sinar matahari tersedia banyak, besarnya berubah sepanjang hari. Energi maksimum terjadi saat matahari melewati jarak lintasan terpendek melewati bumi menembus atmosfer, karena besarnya radiasi akan berkurang bila langit berawan. Selain itu lokasi suatu tempat (perbedaan garis lintang, ketinggian) dan musim juga mempengaruhi besaran energi surya yang dipancarkan (Laksanawati, 2006). Seiring berkembangnya pengetahuan dan teknologi modern, pemanfaatan Energi Surya meningkat. Salah satunya adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Indonesia merupakan negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan menerima panas matahari yang lebih banyak dari pada negara lain, mempunyai potensi yang sangat besar untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga surya sebagai tenaga alternatif

pengganti bahan bakar fosil, yang bersih, tidak berpolusi, aman, gratis, dan persediaannya yang tak terbatas. Energi Surya di Indonesia untuk Kawasan Barat Indonesia (KBI) 8 mencapai $4,5 \text{ kWh/m}^2 / \text{hari}$, sementara itu untuk Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar $5,1 \text{ kWh/m}^2 / \text{hari}$ (Gede Widayana, 2012).

2.1.1 Sel surya

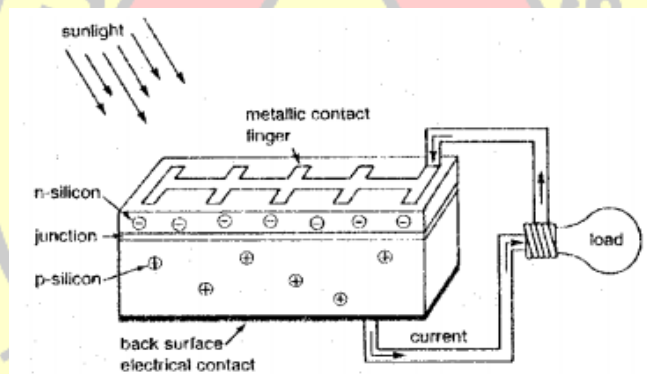
Panel surya atau *solar panel* merupakan alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah atau mengonversi cahaya menjadi listrik. Proses ini dapat berlangsung jika dipergunakan *fotovoltaik* atau *solar cell*. *Fotovoltaik* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah atau mengonversi energi surya menjadi energi listrik searah, yang terbuat dari bahan semi konduktor. Bahan semikonduktor yang dipakai adalah silikon (Si). Hal ini dikarenakan silikon terdapat dalam jumlah yang banyak di permukaan bumi, juga karena silikon mempunyai efisiensi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bahan semikonduktor lainnya. Pada umumnya *solar cell* merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap foton dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum $0,3 \text{ mm}$ yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif. (Yusmiati, 2014).

Energi surya sebagai sumber energi penggerak kapal juga sudah cukup lama dikembangkan yaitu sejak dikenalnya sel surya yang bisa mengubah energi panas matahari menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi surya yang dikonversikan menjadi tenaga listrik dengan menggunakan *Photovoltaic* (Solar sel) ini dapat disimpan dalam *battery* sebagai sumber penggerak motor dan memutar *propeller*. Pengembangan teknologi surya sebagai pembangkit energi kapal telah berkembang dengan pesat, dan akhir tahun 2008 Jepang telah meluncurkan kapal kargo bertenaga surya pertama di dunia. Kapal sepanjang 200 meter tersebut digunakan untuk mengangkut mobil-mobil buatan Jepang. “Auriga Leader” (nama kapal kargo tenaga surya itu) merupakan hasil proyek gabungan Nippon Yusen K.K. sebuah perusahaan kapal dengan distributor minyak Jepang, Nippon Oil Corp.

Kapal itu memiliki kapasitas untuk 6.400 mobil. Sebelumnya telah ada kapal surya yang dibangun dalam berbagai jenis yang umumnya berukuran dan berkapasitas angkut kecil, seperti di Australian, dll.

2.1.2 Konversi tenaga surya menjadi energi listrik

Photovoltaik (PV) adalah sel surya yang dapat mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem energi PV meliputi : *Photovoltaik*, *controller*, baterai. Industri pembuatan sel-sel *Photovoltaik* untuk keperluan komersil paling banyak menggunakan silikon. Salah satu alasannya adalah bahwa silikon dapat dimanufaktur dengan tingkat kemurnian yang tinggi. Semakin tinggi kemurnian silikon yang dipakai untuk pembuatan sel PV, maka semakin baik pula efisiensinya dalam mengubah energi matahari menjadi listrik (Laksanawati, 2006). Bahan yang digunakan dalam membuat PV sangat banyak variasinya. Silikon memiliki indeks bias bahan yang tinggi maka akibatnya pada permukaan terjadi rugi refleksi yang besar (sampai 30%).



Gambar 2.1. Diagram Dari Potongan Sel surya

(Sumber : Steven, 1987 *vide* Laksanawati, 2006)

Oleh karena itu, untuk meminimalkan rugi tersebut maka pada permukaan dilapisi dengan lapisan anti refleksi. Diagram perubahan energi surya menjadi listrik pada sebuah potongan sel surya disajikan pada Gambar 2.1. Pemakaian *fotovoltaik* dalam rekayasa sebagai sumber pembangkit energi listrik bisa dikatakan tidak menghasilkan polusi, baik polusi udara maupun polusi terhadap lingkungan sekitarnya. Berdasarkan pertimbangan ini nampaknya konversi *fotovoltaik* dari sinar matahari menjadi energi listrik akan menjadi sumber energi utama di masa mendatang (Sarwono, 1990). Selanjutnya energi listrik yang

dihasilkan dari *fotovoltaik*, dapat digunakan untuk berbagai penggunaan, misalnya untuk menggerakkan kapal dengan bantuan motor listrik. Untuk menjamin penyediaan yang kontinu maka baterai dipakai sebagai penyimpan energi (Sudiyono, 2008).

2.1.3 Bahan pembentuk panel surya

Sel surya terbentuk dari beberapa bahan, yaitu :

1) Sel surya silikon monokristal

Sel surya ini dibentuk dari bahan dasar monokristal. Bahan *outputnya* adalah SiO_2 dalam bentuk kwarsa atau kristal kwarsa. Bentuk kwarsa ini melalui reduksi dengan arang baru dibentuk bahan mentah silikon, yang terdiri dari 98 % silikon dan 2 % kotoran.

2) Sel surya silikon *polykristal*

Pembuatan sel surya silikon sebagai sumber arus konstan, tidaklah sesederhana pembuatan silikon untuk bahan semikonduktor. Secara kuantitatif sel surya *polykristal* menduduki tempat kedua. Efisiensinya terletak antara 10-13% lebih rendah dari sel *monokristal*.

3) Sel surya a-silikon (a-Si)

Sel surya a-silikon susunan atomnya tidak beraturan, bahwa sel surya ini pada dasarnya lebih produktif, di mana absorpsi a-silikon terhadap cahaya hampir 40 kali lebih baik dari silikon kristal.

4) Sel surya banyak lapisan

Sel surya ini mempunyai lapisan lebih tipis dari yang lain, sehingga cahaya yang mengenai sel kedua pas setengah dari cahaya di atasnya.

5) Sel surya galiumarsenid

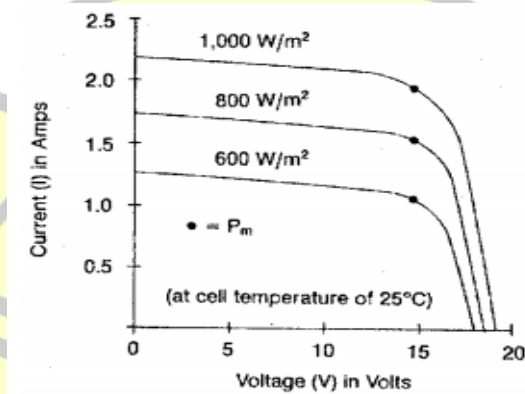
Bahan ini mempunyai sifat:

1. Daya listriknya meningkat bila dilakukan pemusatan sinar.
2. Pengurangan daya pada suatu kenaikan temperatur lebih kecil dari bahan silikon.
3. Dapat beroperasi pada temperatur yang tinggi.

4. Kelemahan utamanya adalah penyediaan bahan mentah gallium dan arsen sangat mahal.

2.1.4 Pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap arus dan tegangan

Intensitas cahaya matahari mempengaruhi karakteristik arus-tegangan pada sel surya. Pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap arus yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan tegangan terminalnya (Abdullah, 1998 vide Laksanawati, 2006). Kurva karakteristik arus-tegangan pada modul sel surya pada variasi tingkat radiasi disajikan pada Gambar 2.2.

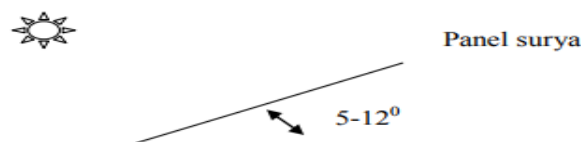


Gambar 2.2. Karakteristik arus dan tegangan

(Sumber : Rosenblum, 1991 vide Laksanawati, 2006)

2.1.5 Pengaruh posisi cahaya matahari terhadap daya

Cahaya matahari yang mengenai permukaan p-n sel surya akan maksimal bila cahaya yang jatuh pada permukaan sel surya dan tegak lurus, karena matahari terus mengorbit pada lintasan tertentu maka hal ini sulit dilakukan. Hal ini sangat penting untuk pemasangan sel surya agar dapat menangkap sinar matahari secara maksimum. Untuk wilayah Indonesia pemasangan panel surya dengan kemiringan sampai 12°.



Gambar 2.3. Pemasangan panel sel surya

(Sumber : Reza, 2012)

2.2 Kapal Katamaran

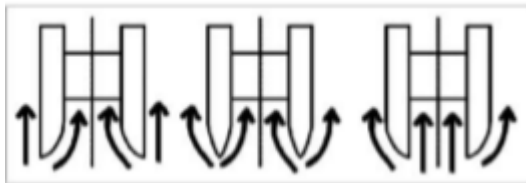
Catamaran merupakan salah satu dari jenis kapal *special purpose*. Kapal *special-purpose* adalah kapal yang tidak termasuk dalam jenis kapal pada umumnya karena kondisi spesifik dari desain dan operasionalnya untuk tujuan tertentu. Sebagai contoh *tugboats*, *ice breakers*, *fishing vessels*, dan *offshore support vessels*. Demikian juga dengan kapal tidak konvensional dengan desain yang bergantung dengan jenis, ukuran, dan kecepatan. Seperti *multi-hull vessel*: *catamarans*, *trimarans*, *pentamarans*, dll (Papanikalou, 2014)

Katamaran merupakan kapal dengan dua lambung kembar yang dihubungkan dengan struktur *bridging* (jembatan). Struktur *bridging* ini merupakan sebuah keuntungan karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*). Sehingga kemungkinan terjadi *deck wetness* dapat dikurangi (iqbal, 2016). Dengan memiliki dua lambung, kapal jenis ini memiliki stabilitas yang cukup baik, selain itu luas permukaan kapal yang tercelup air relatif kecil sehingga memiliki sarat yang kecil pula. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk memperoleh hambatan yang rendah.. Kombinasi luas *deck* yang besar dan berat kapal kosong yang rendah membuat kapal tipe ini dapat diandalkan untuk melayani transportasi muatan antar kota maupun untuk pariwisata. Katamaran memiliki beberapa kelebihan maupun kekurangan jika dibandingkan dengan kapal *monohull* (Muk-Pavic, 2006). Adapun kelebihan dari kapal katamaran:

- a. Pada kapal dengan lebar yang sama tahanan gesek katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama kecepatannya relatif lebih besar.
- b. Luas geladak dari katamaran lebih luas.
- c. Volume tercelup air dan luas permukaan basah lebih kecil.
- d. Stabilitas yang baik karena memiliki dua lambung.
- e. Dengan frekuensi gelombang yang tinggi, amplitudo relatif kecil sehingga tingkat kenyamanan lebih tinggi.
- f. Karena memiliki tahanan yang kecil maka biaya operasional menjadi kecil.
- g. Kekhawatiran penumpang pada faktor kapal terbalik menjadi lebih kecil, sehingga penumpang merasa lebih aman.

Bentuk lambung kapal katamaran memiliki banyak model, tetapi secara umum ada tiga bentuk dasar dari katamaran, yakni:

- a. Simetris.
- b. Asimetris dengan bagian dalam lurus.
- c. Asimetris dengan bagian luar lurus.



Gambar 2.4. Bentuk lambung kapal katamaran

(Sumber : Insell dan Mollan, 1991)

Penelitian sebelumnya (Effendy, 2006) kapal katamaran memiliki kelebihan yakni dengan lebar yang sama tahanan gesek katamaran lebih kecil, sehingga pada tenaga dorong yang sama kecepatannya relatif lebih besar, luas geladak dari katamaran lebih luas dibandingkan dengan *monohull*, volume kapal yang tercelup dan luas permukaan basah kecil, stabilitas yang lebih baik karena memiliki dua lambung, dengan tahanan yang kecil maka biaya operasional menjadi kecil, *image* yang terkesan adalah keamanan yang terjamin dari faktor kapal terbalik sehingga penumpang merasa lebih aman.

2.3 Kapal Ikan

Kapal ikan adalah kapal yang digunakan dalam kegiatan perikanan yang meliputi aktivitas penangkapan atau pengumpulan sumber daya perairan, pengelolaan/budi daya sumber daya perairan, serta penggunaan dalam pekerjaan-pekerjaan riset, *training* dan inspeksi sumber daya perairan (Nomura & Yamazaki, 1977). Fyson (1985), menjelaskan kapal ikan merupakan kapal yang dibangun untuk melakukan pekerjaan-pekerjaan penangkapan ikan (*fishing operation*), menyimpan ikan, dan lain sebagainya yang didesain dengan ukuran, rancangan bentuk dek, kapasitas muat, akomodasi, mesin serta berbagai perlengkapan yang secara keseluruhan disesuaikan dengan fungsi dalam rencana operasi. Berdasarkan definisi-definisi tersebut di atas, maka dapat diketahui

bahwa kapal ikan sangat beragam dari kekhususan penggunaannya hingga ukurannya.

Kapal-kapal ikan tersebut terdiri dari kapal atau perahu berukuran kecil berupa perahu sampan (perahu tanpa motor) yang digerakkan dengan tenaga dayung atau layar, perahu motor tempel yang terbuat dari kayu hingga pada kapal ikan berukuran besar yang terbuat dari kayu, *fiberglass* maupun baja dengan penggerak mesin diesel. Jenis dan bentuk kapal ikan ini berbeda sesuai dengan tujuan usaha, keadaan perairan, daerah penangkapan ikan (*fishing ground*) dan lain-lain, sehingga menyebabkan ukuran kapal yang berbeda pula.

Nomura dan Yamazaki (1975) mengemukakan beberapa persyaratan teknis minimal dari kapal ikan yang berfungsi untuk operasi penangkapan, yakni:

1. Memiliki struktur badan kapal yang kuat
2. Menunjang keberhasilan operasi penangkapan
3. Memiliki stabilitas yang tinggi
4. Memiliki fasilitas penyimpanan hasil tangkapan ikan

2.3.1 Kapal Ikan Long Line

2.3.1.1 Definisi

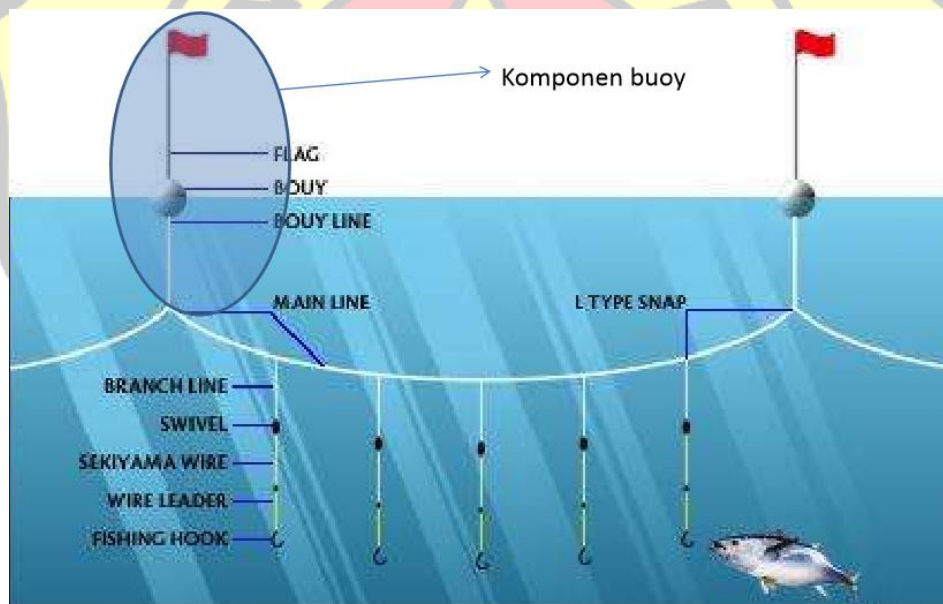
Tuna *long line* didefinisikan sebagai metode penangkapan pasif, alat tangkap tidak bergerak dan pertemuan antara alat tangkap dan ikan merupakan hasil dari pergerakan ikan menuju alat tangkap (FAO, 2020). Long line adalah suatu pancing yang terdiri dari tali panjang (tali utama), kemudian pada tali tersebut secara berderet pada jarak tertentu diikatkan tali-tali pendek (cabang tali) yang ujungnya diberi mata pancing (*hook*) (Subani-Barus, 1989).

2.3.1.2 Konstruksi Umum

Secara umum kapal tuna *long line* memiliki konstruksi sebagai berikut :

1. *Main line* atau tali utama, berfungsi sebagai tempat tergantungnya tali cabang
2. *Branchline* atau tali cabang, diikatkan pada tali utama , panjangnya tidak boleh lebih dari $\frac{1}{2}$ x panjang tali utama

3. Pelampung, terbuat dari plastik resin yang dicetak yang ujungnya diberi lubang untuk mengikatkan tali pelampung. Pelampung ini dipasang setiap 1 basket atau tiap 7 mata pancing
4. Pemberat, untuk membebani tali pelampung dan tali cabang agar tetap berada pada kedalaman yang diinginkan. Terbuat dari semen yang dicetak berbentuk lonjong seberat 0,1-3 kg
5. *Swivel* atau kili-kili, untuk menghindari agar antar tali cabang dan antara tali cabang dengan tali utama tidak saling terkait. Kili-kili ini terbuat dari *stainless steel*
6. Pancing, terbuat dari *stainless steel*, mata pancing yang digunakan disesuaikan dengan kedalaman
7. Tiang bendera dan bendera
8. Lampu pelampung untuk menarik ikan-ikan



Gambar 2.5. Detail Kontruksi

(Sumber : Gatut Bintoro)

2.3.1.3 Operasi Penangkapan

Tuna *long line* merupakan jenis teknik penangkapan ikan pasif yang memanfaatkan tali dengan kait berumpan sebagai alat pancing. Perairan mid memungkinkan tangkapan ikan di tengah laut dan dekat permukaan (saat *casting* dan pengambilan). *Midwater long line* untuk tuna (yang berasal dari

Jepang) sekarang merupakan metode yang banyak digunakan untuk menangkap tuna dalam kisaran kedalaman dari bawah permukaan hingga 300 m (metode yang paling umum dengan *purse seine*, yang kemudian menjadi lebih tepat ketika tuna berkumpul dalam grup yang besar dan, biasanya, tidak lebih dari seratus meter). Satu set tipikal terdiri dari 200 atau lebih unit atau "keranjang" yang dihubungkan bersama, dengan pelampung di setiap koneksi, dan total sekitar 3.000 kait. Rincian operasi penangkapan ikan, manuver, yang diberikan di bawah ini hanya dimasukkan sebagai contoh karena mencerminkan kondisi spesifik: ukuran dan peralatan kapal, kondisi awak dan perikanan.

1. *Baiting Long Line*

Umpan kait bisa manual atau dibuat oleh (mesin umpan). Umpan tradisional adalah saury. Bergantung pada spesies target, cumi-cumi dan berbagai spesies ikan (mis. Mackerel) digunakan untuk umpan. Dalam operasi umpan manual, anggota kru yang bertanggung jawab untuk memasang umpan ke kail, melakukannya dengan menusuk umpan dengan kail pada saat casting garis cabang sesaat sebelum dihubungkan (terpotong) ke jalur utama oleh anggota lain. Mesin umpan biasanya terletak di belakang rel penyimpanan garis. Umpan dimasukkan ke dalam mesin melalui ban berjalan. Sangat penting bahwa umpan bagus karena membantu memastikan tingkat *hooking* yang baik. Mesin umpan biasanya dirancang untuk umpan 10-20 000 kait sehari.

2. *Setting Long Line*

Satu set tipikal terdiri dari 200 atau lebih "unit / keranjang" yang dihubungkan bersama, dengan pelampung di setiap koneksi, dan total sekitar 3.000 kait. Secara umum, jalur cabang disimpan secara terpisah dan dilekatkan ke jalur utama saat *casting*, setiap kait diumpan sebelum meninggalkan dek kapal. *Long line* dikeluarkan dari penyimpanan belakang di dek atas melalui serangkaian pipa PVC dan feeder garis hidrolik, terletak di dek

bawah di tengah kapal, dengan kecepatan sekitar 450 m per menit (27 km per jam).

Kedalaman garis utama dapat bervariasi sebagian besar oleh jarak antara pelampung yang melekat, dan juga dengan mengubah kecepatan umpan dan kecepatan kapal. Tingkat di mana garis cabang (*snoods*) dan *buoylines* melekat pada garis utama, dan oleh karena itu ruang antara *snoods*, dikendalikan dari ruang kemudi. Pelampung radio digunakan untuk menentukan lokasi saluran di awal pengangkutan atau jika ada saluran putus. Antara 2.500 dan 3.000 kait ditetapkan pada jarak total sekitar 100 km, membutuhkan waktu sekitar lima atau enam jam untuk menyelesaikan setiap set. Setidaknya lima anggota kru diperlukan untuk pengaturan ini.

Setelah pelampung radio terakhir diatur, kru istirahat sekitar empat jam sebelum dimulainya operasi pengangkutan. Secara umum waktu mulai untuk mengangkut garis tergantung pada jumlah keranjang yang ditetapkan.

3. *Hauling longlines*

Pengangkutan biasanya memakan waktu setidaknya satu hari penuh (11 jam dan lebih banyak) dan membutuhkan mesin penggulung dan selusin anggota kru atau lebih. Set pelampung radio terakhir biasanya yang pertama diangkut. Ini terletak dengan bantuan pencari arah radio atau oleh radar, dan diangkut ke kapal dan terpisah dari jalur utama. Jalur utama diulir melalui pemandu rol dan melalui pengangkut jalur utama hidrolik. Kecepatan pemulihan dikendalikan oleh anggota kru. Setiap kusut di jalur utama dihilangkan saat bergerak di sepanjang sabuk konveyor.

Kapal bergerak di sepanjang jalur utama dengan kecepatan rata-rata sekitar 6 knot, dengan garis yang diambil di sisi kanan dengan kecepatan antara 150 dan 250 m per menit. Cabang-cabang dicabut dari jalur utama saat mereka melewati sisi kapal atau setelah melewati garis pengangkut. *Snood* digulung, baik dengan

tangan atau dengan *coiler* otomatis, dan diikat di sekitar kait dengan *loop* dari garis di dekat klip, kemudian dikemas ke dalam bundel sekitar 20 atau ke keranjang.

Bundel atau keranjang ini dan pelampung ditempatkan pada interval waktu tertentu ke sabuk konveyor di sisi kiri kapal. Ini membawa mereka ke anggota kru yang mengemas jalur utama ke sumur belakang dan mereka kemudian ditumpuk di buritan siap untuk set berikutnya.

2.3.2 Kapal ikan katamaran

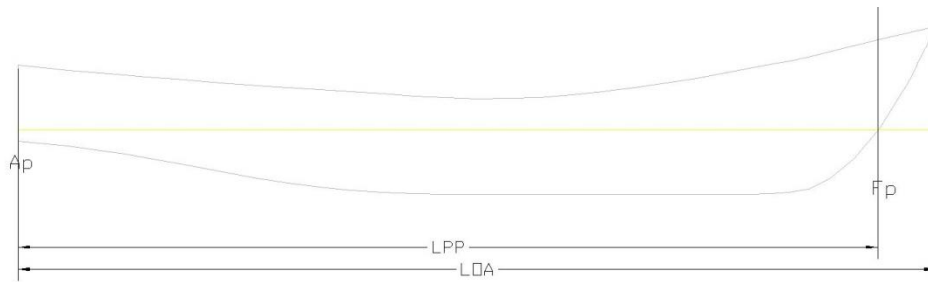
Salah satu bentuk upaya efisiensi penggunaan kapal ikan adalah dengan memperbaiki performanya. Perubahan performa dapat dibuktikan dengan mengubah bentuk lambung dari *monohull* menjadi bentuk *demihull* katamaran. Kelebihan kapal katamaran yaitu memiliki stabilitas lebih baik, daya jelajah yang lebih jauh, dan tahanan serta gesekan kapal lebih kecil dibandingkan kapal berbentuk *monohull* (Muntaha, 2017). Kelebihan dari kapal jenis katamaran sebagai kapal ikan adalah memiliki stabilitas yang unggul jika dibandingkan dengan kapal *monohull* (Nanda, 2017). Pada perhitungan stabilitas, hasil menunjukkan bahwa kapal ikan katamaran mempunyai stabilitas yang stabil titik M berada diatas titik G pada semua kondisi pelayaran. Kapal jenis katamaran jika digunakan sebagai kapal ikan dapat dikatakan layak dibuat dan digunakan, sebab desain kapal katamaran memiliki stabilitas positif pada saat keadaan kapal kosong menuju *fishing ground*, pada saat menangkap ikan, dan pada saat menuju ke *fishing base* (Nanda, 2017). Karena memiliki dua buah lambung, kapal ini memiliki stabilitas melintang yang lebih baik dibandingkan dengan kapal *monohull*, sehingga pada saat proses *hauling* kapal akan lebih aman karena kemiringan kapal lebih kecil dibandingkan kapal *monohull*.

Hasil dari penelitian yang dilakukan mengindikasikan bahwa memungkinkan katamaran memiliki hambatan (*resistance*) lebih kecil daripada *monohull* pada *displacement* yang sama. Sebuah rancangan kapal ikan katamaran, seperti yang dimaksudkan, mengindikasikan pengaturan *equipment* untuk penangkapan ikan pada *deck* secara bebas (Setyawan, 2010). Dari hasil kajian (Imawan, 2020) dapat disimpulkan bahwa lambung katamaran sangat potensial

untuk digunakan sebagai kapal penangkap ikan karena memiliki area geladak yang luas dan juga memiliki kinerja hambatan, stabilitas dan gerakan (*seakeeping*) yang baik serta berpotensi mengurangi emisi gas buang. Dengan menggunakan tipe lambung katamaran dapat mengurangi kinerja mesin 30 – 50% (Manik, 2010)

2.3.3 Geometri kapal

1. Panjang Kapal.



Gambar 2.6. Panjang Kapal

Loa : *Length over all*

Adalah panjang kapal keseluruhan yang diukur dari ujung buritan sampai ujung haluan.

Lpp : *Length between perpendiculars.*

Panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur pada garis air muat.

AP : Garis tegak buritan (*After perpendicular*)

Letaknya pada linggi kemudi bagian belakang atau pada sumbu poros kemudi.

FP : Garis tegak haluan (*fore perpendicular*)

Adalah merupakan perpotongan antara linggi haluan dengan garis air muat.

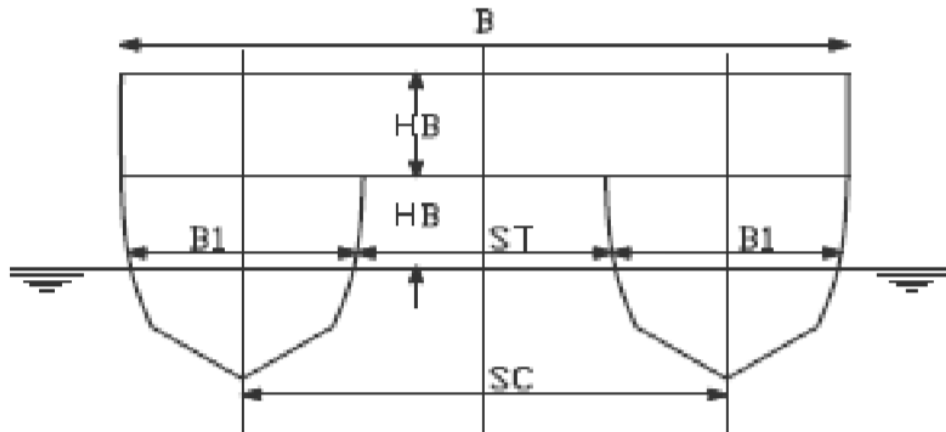
Lwl : Panjang garis air (*Length of water line*)

Adalah jarak mendatar antara ujung garis muat (garis air), yang diukur dari titik potong dengan linggi buritan sampai titik potongnya dengan linggi haluan dan diukur pada bagian luar linggi buritan dan linggi haluan.

2. Lebar Kapal

B : *Breadth* (lebar yang direncanakan).

Adalah jarak mendatar dari gading tengah yang diukur pada bagian luar gading. (tidak termasuk tebal pelat lambung).



Gambar 2.7. Lebar Kapal

B_{wl} : *Breadth of water line* (lebar pada garis air muat).

Adalah lebar yang terbesar yang diukur pada garis air muat.

B_{oa} : *Breadth over all* (lebar maksimum).

Adalah lebar terbesar dari kapal yang diukur dari kulit lambung Kapal. Di samping kiri sampai kulit lambung kapal samping kanan.

B_1 : Lebar 1 lambung kecil

Sc : Lebar *center line* kedua lambung kecil

3. Tinggi Geladak.

$H (D)$: *Depth* (tinggi terendah dari geladak).

Adalah jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak yang terendah, umumnya diukur di tengah – tengah panjang kapal.

4. Sarat Kapal

T : *Draft* (sarat yang direncanakan).

Adalah jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.

2.3.4 Penerapan *solar cell* pada kapal

Pada dunia perkapalan, teknologi *solar cell* belum banyak diterapkan. Sudah tentu banyak factor yang mempengaruhi di dalamnya. Dan berikut factor yang mempengaruhi mengapa teknologi *solar cell* belum banyak diterapkan pada dunia perkapalan :

- Harga investasi *solar cell* yang tinggi.
- Memerlukan instalasi yang rumit.
- Dengan *space* instalasi yang sama, *energy* yang dihasilkan tidak sebanding dengan energi yang dihasilkan oleh mesin diesel, ini berkaitan dengan kecepatan yang dihasilkan.
- Belum banyak insinyur perkapalan yang mengerti tentang *solar cell*, sehingga tidak banyak yang bias mereparasi jika kapal mengalami kerusakan.
- Sangat bergantung pada cuaca.

Sistem *hybrid* merupakan sebuah konsep penggabungan dua atau lebih sumber energi untuk tercapainya sebuah efisiensi dalam berbagai hal. Pada perancangan kapal ini kapal digerakkan oleh *propeller* yang digerakkan oleh motor diesel dan kedua *propeller* yang digerakkan oleh motor listrik. Kebutuhan daya listrik, baik untuk peralatan listrik di kapal dan kedua motor listrik AC, disuplai dari baterai dan *solar cell* .

2.4 Hambatan dan Propulsi Kapal

2.4.1 Teori Pergerakan Kapal (*Ship Moving Theory*)

Kapal dapat bergerak maju ke depan dikarenakan adanya gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu (Molland et al., 2011).

2.4.2 Tenaga Penggerak

Adalah penggerak utama kapal yang bekerjanya dengan cara mengkonversi energi bahan bakar untuk memutar baling-baling sehingga menghasilkan gaya dorong (*thrust*) yang cukup untuk melawan hambatan kapal (*ship resistance*) pada kecepatan dinas tertentu. Salah satu metode pembagian tenaga yang paling mendasar pada tenaga penggerak mesin diesel konvensional adalah membedakan

antara *effective power* (PE) yang diperlukan untuk menggerakkan kapal dan *power delivered* (PD) pada unit penggerak kapal. Formulasi yang dipakai menurut (Molland et al., 2011)

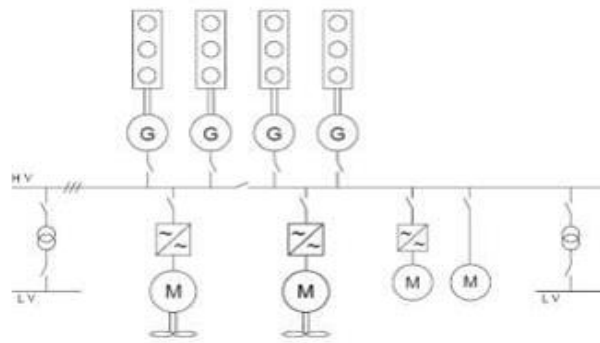
2.4.3 Gaya Dorong

Adalah gaya (energi) yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal menurut (Molland et al., 2011)

2.5 Konsep Sistem Hybrid

Pengembangan konfigurasi sistem propulsi *hybrid diesel-listrik* terus di optimalisasi. Selain dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, dapat mengurangi polusi udara dan emisi gas buang (Sciberras dan Grech 2012). Pereira (2007) menyebutkan sistem propulsi hybrid diesel-listrik telah berkembang sejak abat ke-20 dan teknologi ini telah digunakan untuk pertama kalinya pada sebuah kapal perang Amerika. Keunggulan sistem propulsi hybrid diesel-listrik dibanding sistem propulsi konvensional di antaranya adalah sistem propulsi ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar (Sofras dan Prousalidis 2014).

Sistem propulsi listrik (*Diesel Electrical Propulsion*) pada saat ini banyak dikembangkan pada propulsi kapal karena memiliki performa yang bagus (Nugroho, 2011). Keberhasilan dari sistem propulsi listrik (*Diesel Electrical Propulsion*) tergantung pada sistem kontrolnya pada alat penggerak, generator, dan *Power converter*. Pengontrolan terdiri dari *prime mover load sharing* (digunakan untuk mengontrol daya yang *delivery* sesungguhnya), *generator load sharing* (memakai generator *voltage regulator* otomatis), *automatic load hedding*, *power limiting*, dan *propeler blade poition control*. (Halim, 2010). Gambar 2.7 merupakan gambaran sederhana sistem *Diesel Electric Propulsion*, dengan beberapa komponen pendukungnya Diesel-Generator dengan menggunakan *synchronouse machine* yang digunakan sebagai penghasil daya menuju *switchboard* untuk mensuplai adanya variasi *redudance* pembebanan di kapal.



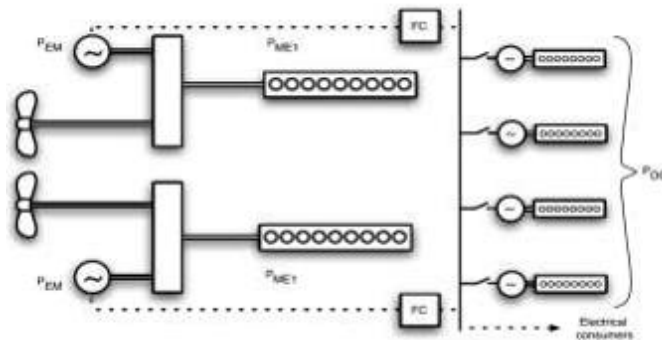
Gambar 2.8. Sistem Propulsi Elektris

(Sumber : Hangga, 2016)

Sistem propulsi *hybrid* hanya mengalami peningkatan efisiensi 1,2% akan tetapi tergantung dari operasional dari kapal tersebut (Kwasieckyj, 2013). Sistem operasi kapal penangkap ikan berbeda dibandingkan dengan kapal niaga pada umumnya dikarenakan fungsi kapal yaitu mengejar dan menangkap gerombolan ikan, mengoperasikan alat tangkap dan menampung ikan, dan selama pengoperasian kapal mengalami perubahan kecepatan dan bobot muatan. Muhammad et al. (2017) menyebutkan terdapat perbedaan hingga 40% penggunaan daya motor saat pengoperasian kapal penangkap ikan antara muatan kosong dan penuh pada kecepatan konstan. Kondisi pemuatan kapal yaitu berupa hasil tangkapan senantiasa berfluktuasi dikarenakan perubahan musim tahunan yang berdampak pada tingginya biaya operasional kapal, khususnya konsumsi bahan bakar minyak yang digunakan (Muhammad et al. 2018). Sejalan dengan upaya pemerintah yaitu pengurangan konsumsi bahan bakar minyak dan tingkat emisi gas buang, pengembangan sistem propulsi hybrid diesel-listrik sangat diperlukan.

Pada kapal ikan jenis *Longline* yang menggunakan sistem propulsi *hybrid* biasanya pada saat beroperasi pada saat kecepatan tinggi menuju *fishing ground* menggunakan mode mekanik dimana power disuplai menggunakan motor utama diesel generator, pada saat *setting* dan *hauling* kecepatan rendah menggunakan mode elektris dimana power disuplai menggunakan motor listrik. Konsumsi bahan bakar terendah dapat dicapai dengan menggunakan sistem propulsi *hybrid* yang mengkombinasikan sistem propulsi mekanik (*diesel mechanical propulsion*) dan

sistem propulsi elektris (*diesel electrical propulsion*) (Van Straten, 2012). Gambaran sederhana sistem propulsi *hybrid* diilustrasikan oleh gambar 2.8.



Gambar 2.9. Sistem Propulsi *Hybrid*

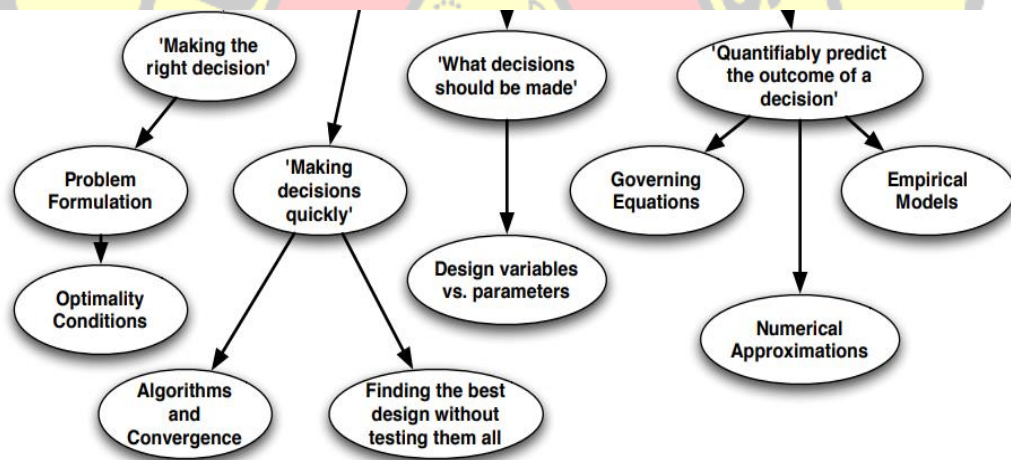
(Sumber : Hangga, 2016)

Disel generator menyuplai daya ke MSB kemudian disuplai ke motor listrik yang selanjutnya menggunakan *shaft* masuk ke dalam *gearbox*. Dari *gerabox* daya disalurkan kembali melalui *shaft* menuju *propeller*. Xiao et al. (2016) menyebutkan bahwa sistem propulsi *hybrid* memiliki sifat kerja dinamis berbeda antara satu kapal dengan tipe kapal lainnya. Hal ini dikarenakan fungsi dan kondisi operasi kapal yang berpengaruh pada kinerja kapal. Selain dengan strategi pengendalian yang canggih dan pemilihan konfigurasi sistem yang baik, sistem propulsi *hybrid* diesel listrik dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang hingga 15-35% (Geertsma et al. 2017).

2.6 Optimasi

Teknik terdiri dari sejumlah aktivitas, termasuk analisis, desain, fabrikasi, penjualan, penelitian, dan pengembangan sistem. Proses perancangan dan fabrikasi sistem telah dikembangkan selama berabad-abad. Keberadaan banyak sistem yang kompleks, seperti gedung, jembatan, jalan raya, mobil, pesawat terbang, kendaraan luar angkasa, dan lain-lain, merupakan keterangan yang sangat bagus untuk sejarah panjangnya. Namun, evolusi sistem seperti itu lambat dan keseluruhan proses memakan waktu dan biaya, membutuhkan sumber daya manusia dan material yang substansial. Oleh karena itu, prosedurnya adalah merancang, membuat, dan menggunakan sistem terlepas dari apakah itu yang

terbaik. Sistem yang lebih baik telah dirancang hanya setelah investasi besar telah tercapai. Pembahasan sebelumnya menunjukkan bahwa beberapa sistem biasanya dapat menyelesaikan tugas yang sama, dan beberapa sistem lebih baik daripada yang lain. Misalnya, tujuan jembatan adalah untuk memberikan kontinuitas lalu lintas dari satu sisi sungai ke sisi lainnya. Beberapa jenis jembatan dapat digunakan untuk tujuan ini. Namun, untuk menganalisis dan merancang semua kemungkinan bisa memakan waktu dan mahal. Biasanya satu jenis dipilih berdasarkan beberapa analisis awal dan dirancang secara rinci. Rancangan sistem dapat dirumuskan sebagai masalah optimasi di mana ukuran kinerja dioptimalkan sementara semua persyaratan lainnya terpenuhi. Banyak metode optimasi numerik telah dikembangkan dan digunakan untuk merancang sistem yang lebih baik. Setiap masalah di mana parameter tertentu perlu ditentukan untuk memenuhi batasan dapat dirumuskan sebagai satu masalah pengoptimalan. Setelah ini dilakukan, konsep dan metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikannya (Arora 2012)



Gambar 2.10. Pengertian Optimasi

(Sumber : Allison, 2005)

Optimasi adalah efektif dan efisien dalam pengambilan keputusan berdasarkan data pengukuran secara metris yang bersifat kuantitatif. Pengambilan keputusan didasarkan pada hasil yang ingin dicapai dan batasan-batasan tersebut. Item apa yang akan dibuat sebagai tujuan untuk pengambilan keputusan dan item apa saja yang akan di pertahankan tetap dalam parameter desain tersebut. Pilihan akan berpengaruh pada solusi untuk menentukan permasalahan dari optimasi

desain. Model matematis dipakai untuk menemukan jawabannya. Semakin sedikit pilihan atau variabel maka semakin mudah untuk menyelesaikannya, akan tetapi lebih banyak variabel desain akan menghasilkan lebih banyak pilihan desain yang diinginkan (Allison 2005)

2.7 Kelayakan Ekonomi

Kelayakan ekonomi didefinisikan sebagai kelayakan bagi semua pihak yang memanfaatkan, baik langsung maupun tidak langsung dari suatu pembangunan atau pengembangan suatu sistem transportasi. Dalam kaitannya terhadap analisis ekonomi, manfaat (*benefit*) yang diperoleh semestinya lebih besar jika dibandingkan dengan biaya (*cost*) yang dikeluarkan. Perhitungan manfaat merupakan faktor vital dalam memutuskan apakah suatu rencana pembangunan atau pengembangan, dalam hal ini, monorel tersebut layak dilaksanakan atau tidak (Siagian, 2015). Menurut Putera, et al. (2012) studi kelayakan ekonomi suatu proyek adalah menganalisis tentang layak atau tidaknya suatu investasi proyek dilaksanakan. Tolak ukurnya bergantung pada investor yang mengembangkan proyek bersangkutan. Jika investor dari pihak swasta akan mengembangkan suatu proyek ke arah *profitable* yang berarti lebih berorientasi pada nilai manfaat ekonomisnya. Sedangkan jika investornya adalah pemerintah di samping nilai ekonomis suatu proyek tentu tidak melupakan aspek nilai sosialnya. Untuk menganalisis pada finansial menggunakan parameter dari analisis finansial antara lain NPV (*Net Present Value*), BCR (*Benefit/Cost Ratio*), IRR (*Internal Rate of Return*), PI (*Profitability Index*), serta *Payback Period*.

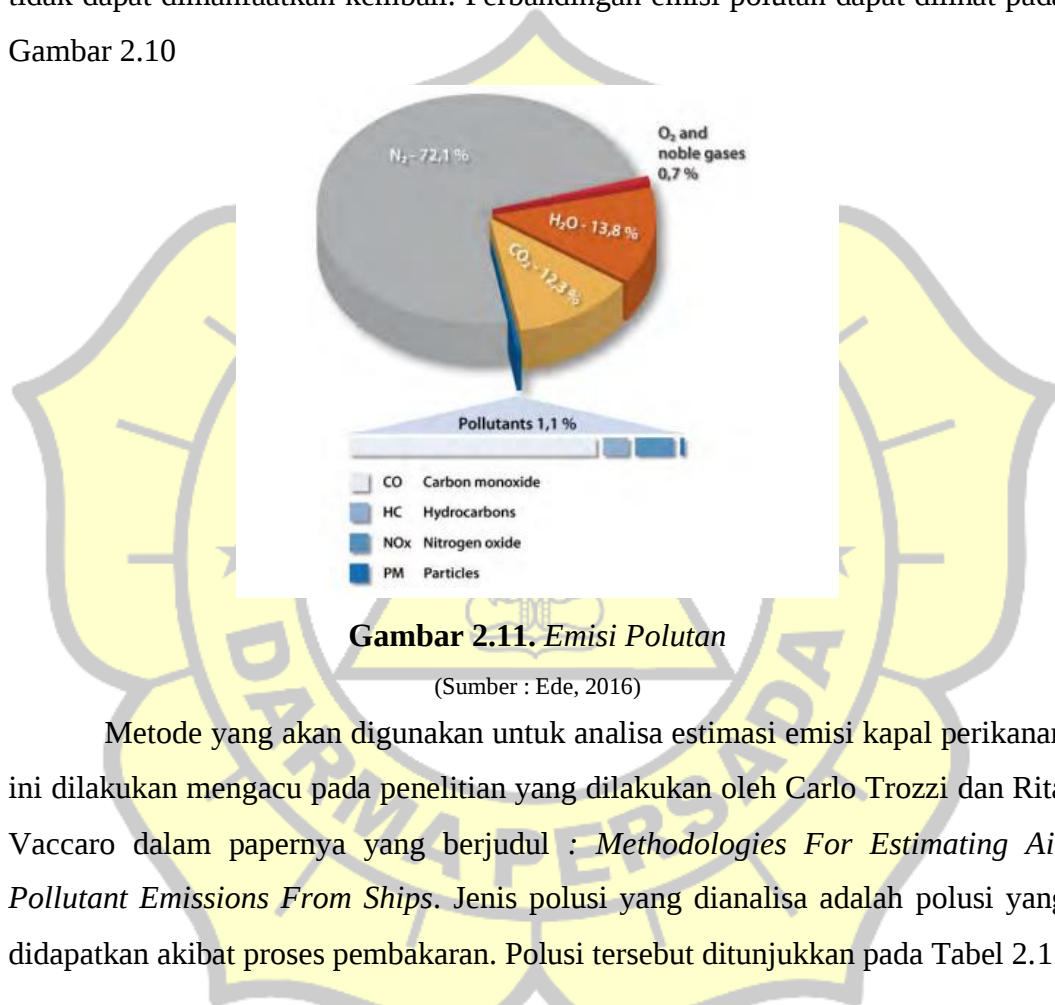
2.8 Emisi Gas Buang

Menurut Buku *Emission Inventory Guide Book* Group 8, pengertian emisi Gas buang dalam dunia Marine adalah seluruh emisi sisa yang berasal dari :

- Marine diesel engines yang digunakan sebagai penggerak utama (*main propulsion engines*) dan/atau *auxiliary engines*;
- Boiler yang digunakan untuk sistem *propulsi steam turbine*
- *gas turbines*

Dari keseluruhan power unit di atas yang digunakan untuk industri transportasi laut, Marine Diesel Engine merupakan penggerak utama yang dominan baik untuk sistem propulsi maupun untuk *auxiliary power generation*.

Emisi gas buang dalam Marine Diesel mengandung *Nitrogen*, *Oxygen*, *Carbon Dioxide* dan *Water Vapour* serta sulfur. Selain hal tersebut terdapat pula *Hydrocarbon* dan *Particulate Material*, *Metals* dan *Organic Micropollutants* yang tidak dapat dimanfaatkan kembali. Perbandingan emisi polutan dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.11. Emisi Polutan

(Sumber : Ede, 2016)

Metode yang akan digunakan untuk analisa estimasi emisi kapal perikanan ini dilakukan mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Carlo Trozzi dan Rita Vaccaro dalam papernya yang berjudul : *Methodologies For Estimating Air Pollutant Emissions From Ships*. Jenis polusi yang dianalisa adalah polusi yang didapatkan akibat proses pembakaran. Polusi tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Jenis Polusi

Code	Name
Nox	Nitrogen Oxides
CO	Sulfur Oxides
SO	Carbon Monoxide
VOC	Volatile Organic Compounds
PM	Particulate Matter
CO2	Carbon Dioxide