

# BAB 1

## Pemanfaatan Energi Kinetik Hempasan Ombak

### 1.1 Flap Fleksibel

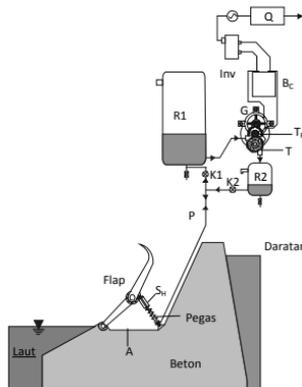
Gelombang yang menjalar dari laut dalam (*deep water*) menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya perubahan kedalaman laut. Apabila gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Hal ini terjadi akibat gesekan antara air dan dasar pantai. Sementara, bagian atas gelombang di permukaan air akan terus melaju. Semakin menuju ke pantai, puncak gelombang akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin datar, kemudian diawali puncaknya, gelombang mulai pecah. Selain akibat gesekan antara air dan dasar pantai gelombang juga akan pecah jika kecepatan partikel air melebihi kecepatan jalar gelombangnya. Pada saat itu partikel air di puncak gelombang mendahului bentuk gelombang atau puncak gelombangnya, maka gelombang akan menjadi tidak stabil dan pecah. Gelombang yang mulai pecah memiliki energi kinetik yang cukup besar hingga dapat dimanfaatkan sebagai penggerak flap.

Metode konversi energi jenis ini memanfaatkan tubrukan (*impact*) yang diakibatkan oleh gelombang yang pecah di garis pantai. Berdasarkan konstruksinya, jenis ini lebih diarahkan pada

kegiatan *true experimental* dengan sudut serang gelombang yang divariasikan, guna mendapatkan *angle of attack* dengan efisiensi terbaik dalam mengonversi energi hampasan ombak menjadi energi mekanis berguna pada *flap*. Energi mekanis yang dihasilkan pada *flap* selanjutnya akan digunakan sebagai penggerak silinder hidrolik  $S_H$ . Sudut serang gelombang pada *section* atas *flap* dapat diubah-ubah sesuai dengan kebutuhan eksperimental. Gaya hidrodinamik yang ditimbulkan gelombang terhadap *flap* cukup sulit untuk diprediksi secara teoretis baik besar maupun arah resultannya. Kesulitan pendekatan teoretis tersebut diakibatkan oleh *vortex* dan turbulensi aliran maupun ketidakpastian faktor *run-up* gelombang datang yang menerjang profil *flap*. Penentuan *energy netto* yang dihasilkan pada sistem tangkap energi gelombang jenis ini mutlak memerlukan uji coba laboratorium yang memadai. Pendekatan-pendekatan teoretis sering dilakukan oleh para perancang untuk meramalkan besarnya gaya hidrodinamik terhadap suatu dinding vertikal sederhana yang menahan penjalaran gelombang dan sejauh itu pendekatan teoretis tersebut memberikan hasil yang cukup memuaskan karena sangat mendekati gaya hidrodinamik pada keadaan yang sebenarnya. Pendekatan teoretis menjadi tidak akurat atau bahkan akan menemui jalan buntu ketika digunakan untuk menganalisis besarnya gaya hidrodinamik yang bekerja pada suatu profil dinding yang lebih rumit seperti profil *flap* di atas. Pada dimensi-dimensi yang jauh lebih rumit atau bahkan tidak mungkin diestimasi dengan persamaan matematik, sehingga alternatif yang dapat ditempuh adalah melakukan pengujian langsung terhadap sejumlah model (*prototype*).

### 1.1.1 Struktur Anjungan Penangkap Energi

Anjungan penangkap energi jenis ini terdiri dari flap sebagai penggerak silinder hidrolik dan penghadang terjangan gelombang, fondasi beton sebagai dudukan acuan gerak flap dan silinder hidrolik, sistem hidrolik untuk mengondisikan proses konversi energi fluida kerja bertekanan tinggi ke turbin, turbin sebagai pengonversi energi fluida kerja bertekanan tinggi menjadi energi mekanik, satu unit transmisi untuk meningkatkan putaran turbin, satu unit flywheel untuk menstabilkan putaran turbin, dan generator sebagai pembangkit listrik. Selain beberapa perangkat di atas juga terdapat sistem kelistrikan yang terdiri dari battery charger, inverter, dan stabilisator. Sistem kelistrikan tersebut digunakan untuk menstabilkan keluaran energi listrik dari generator yang masih berfluktuasi akibat kecepatan putaran turbin yang tidak stabil.



Gambar 1.1 Struktur Anjungan Penangkap Energi

Keterangan :

G : Generator

B<sub>C</sub> : Battery charger

A : Titik pusat poros primer

Inv : Inverter

T<sub>R</sub> : Sistem transmisi

Q : Stabilisator

P : Pipa tekanan tinggi

S<sub>H</sub> : Silinder hidraulik

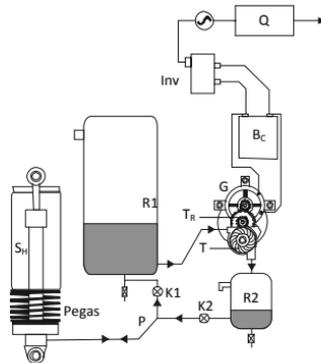
K1 : Katup 1

K2 : Katup 2

R1 : Reservoir fluida kerja peredam tekanan kejut

T : Turbin

R2 : Reservoir fluida kerja setelah keluar turbin



Gambar 1.2. Sistem Hidrolik dan Kelistrikan

Keterangan :

G : Generator

T : Turbin

$T_R$  : Sistem transmisi

K1 : Katup 1

P : Pipa tekanan tinggi

K2 : Katup 2

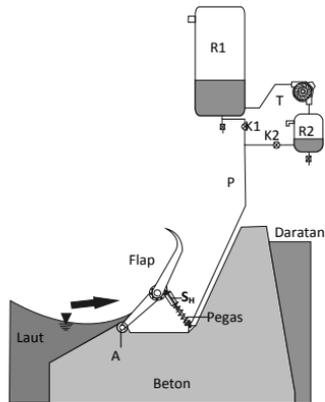
$S_H$  : Silinder hidrolik

R1 : Reservoir fluida kerja peredam tekanan kejut

R2 : Reservoir fluida kerja setelah keluar turbin

### 1.1.2 Prinsip Kerja

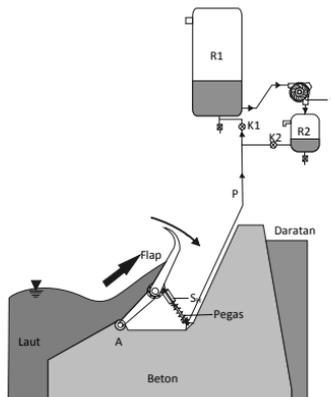
Sebelum ombak menabraknya, profil flap masih berada pada keadaan normal tanpa ada pasokan energi dari gelombang seperti ditunjukkan pada Gambar 1.3 di bawah ini.



Gambar 1.3 Flap Sebelum Diterjang Ombak

Setelah menabrak profil flap ombak akan memberikan tekanan hidrodinamik yang meningkat drastis sehingga mengakibatkan flap mulai berputar terhadap sumbu rotasinya di A seperti ditunjukkan pada Gambar 1.4 di bawah. Gerak putar flap ini akan terus berlanjut dan secara simultan akan mendorong silinder hidrolik  $S_H$  sejauh  $\Delta L$  seperti terlihat pada Gambar 1.4 berikut.

Pada Gambar 1.5 ditunjukkan arah aliran fluida kerja ketika silinder hidrolik terkompresi karena dorongan flap. Gerakan silinder tersebut akan memompa fluida kerja dalam silinder hidrolik sehingga mencapai tekanan yang cukup tinggi. Oli tertekan tinggi yang dipompa silinder hidrolik dialirkan ke turbin melalui pipa hidrolik P bertekanan tinggi.

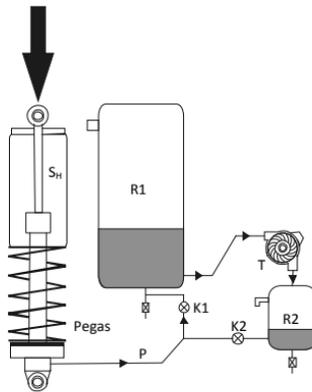


Gambar 1.4 Flap Setelah Diterjang Ombak

Fluida kerja yang mulai meningkat tekanannya akibat dorongan kedua silinder hidrolik tersebut akan bersirkulasi masuk melalui katup K1 yang terbuka kemudian menuju reservoir R1, sementara katup K2 akan tetap tertutup. Pada reservoir R1

tekanan fluida kerja distabilkan oleh redaman udara yang telah mengisi sebagian dari volume total reservoir. Tekanan fluida yang stabil sangat membantu mengurangi fluktuasi kecepatan putaran ketika akan memutar sudu-sudu turbin. Setelah tekanan distabilkan pada reservoir R1, fluida kerja yang masih bertekanan tinggi tersebut diarahkan untuk menggerakkan sudu-sudu turbin T hingga mencapai kecepatan putaran sudut tertentu. Tekanan dan energi fluida kerja yang keluar dari turbin yang telah turun secara signifikan setelah memutar sudu-sudu turbin tersebut, selanjutnya dialirkan ke reservoir R2 yang terbuka terhadap tekanan atmosfer sehingga tekanan fluida kerja pada saat itu akan sama dengan tekanan atmosfer. Selain dengan menstabilkan tekanan fluida kerja, perangkat lain yang digunakan untuk menghindari putaran turbin yang fluktuatif pada sistem ini adalah flywhell. Flywhell akan menyerap energi apabila terjadi peningkatan kecepatan putaran turbin ketika timbul perubahan tekanan yang insidental kemudian sebaliknya apabila turbin mengalami kekosongan suplai energi dari silinder hidrolik  $S_H$  sehingga berpotensi menyebabkan putaran turbin dan generator menurun drastis, maka flywhell akan menyerahkan sebagian dari energi potensial kinetisnya sehingga putaran turbin dan generator tetap stabil.

Pegas yang secara simultan terkompresi sejauh  $\Delta X$  bersamaan dengan silinder hidrolik akan digunakan untuk menggerakkan flap maupun silinder hidrolik kembali ke posisi semula ketika flap belum diterjang ombak. Kekakuan pegas ( $K$ ) yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan momen pengembalian flap akibat beratnya dan tahanan gerak pada langkah ekspansi silinder hidrolik  $S_H$ .



Gambar 1.5 Silinder Hidrolik Tertekan Flap

Keterangan :

T : Turbin

K1 : Katup 1

P : Pipa tekanan tinggi

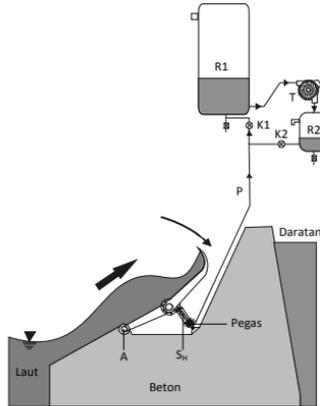
K2 : Katup 2

R1 : Reservoir fluida kerja peredam tekanan kejut

$S_H$  : Silinder hidrolik

R2 : Reservoir fluida kerja setelah keluar turbin

Hempasan gelombang akan terus menggerakkan flap seperti diilustrasikan pada Gambar 1.6 di bawah, hingga mencapai maksimum ketika momen yang dihasilkan oleh gaya gelombang dan gaya inersia flap terhadap sumbu rotasinya di A sama dengan momen yang diakibatkan oleh tahanan pegas dan silinder hidrolik terhadap sumbu rotasi flap yang sama.



Gambar 1.6 Flap Berputar

Keterangan :

A : Titik pusat poros primer

T : Turbin

P : Pipa tekanan tinggi

K1 : Katup 1

R1 : Reservoir fluida kerja peredam tekanan kejut

S<sub>H</sub> : Silinder hidrolik

R2 : Reservoir fluida kerja setelah keluar turbin

K2 : Katup 2

Pada Gambar 1.7 ditunjukkan arah aliran fluida kerja ketika silinder hidrolik terkompresi karena dorongan flap pada sudut putar maksimumnya. Setelah mencapai sudut putar maksimum tersebut silinder hidrolik sesaat akan berhenti terkompresi.