II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Angin

Angin adalah gerakan udara dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Kekuatan angin berlebihan dapat dikontrol menggunakan sistem manual atau otomatik. Apabila angin bertiup dan mengenai bangunan, tekanan statik terbentuk di bagian dinding luar dan ditentukan oleh arah angin. Penyebaran tekanan angin dipengaruhi beberapa faktor :

1. Bentuk bangunan
2. Kecepatan angin dan arah angin
3. Lokasi dan lingkungan

Tekanan permukaan positif terdapat di bagian angin datang dan negatif di bagian belakang angin. Walau bagaimanapun, tekanan pada sisi angin datang bisa negatif atau positif bergantung kepada arah angin dan bentuk bangunan (Harm**,** 1987).

2.2 Definisi Energi Angin

Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah. Apabila dipanaskan, udara memuai. Udara yang telah memuai menjadi lebih ringan sehingga naik. Apabila hal ini terjadi, tekanan udara turun karena udaranya berkurang. Udara dingin disekitarnya mengalir ke tempat yang bertekanan rendah tadi. Udara menyusut menjadi lebih berat dan turun ke tanah. Diatas tanah udara menjadi panas lagi dan naik kembali. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi.

Tenaga angin menunjuk kepada pengumpulan energi yang berguna dari angin. Pada tahun 2005, kapasitas energi generator tenaga angin adalah 58.982 MW, hasil tersebut kurang dari 1% pengguna listrik dunia. Meskipun masih berupa sumber energi listrik minor dikebanyakan Negara, penghasil tenaga angin lebih dari empat kali lipat antara 1999 dan 2005.

Kebanyakan tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan mengubah rotasi dari pisau turbin menjadi arus listrik dengan menggunakan generator listrik. Pada kincir angin energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik untuk melakukan kerja fisik, seperti menggiling atau memompa air. Tenaga angin banyak jumlahnya, tidak habis-habis, tersebar luas dan bersih (Harm, 1987).

2.3 Kecepatan Rata-Rata Angin

Angin yang berhembus memiliki kecepatan yang berbeda-beda tiap waktu. Sebelum melakukan penghitungan untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh turbin angin kita harus mengetahui kecepatan rata-rata angin yang bertiup di suatu wilayah pada periode tertentu. Untuk menghitung kecepatan rata-rata angin digunakan persamaan:

$$V = \sum_{t=1}^{N} \frac{Vi}{N}$$

Dimana:

Vi = nilai angin sesaat

N = banyaknya pengamatan

V = kecepatan Angin rata-rata (Harm, 1987).

2.4 Turbin Angin

Turbin angin mengambil energi angin dengan menurunkan kecepatannya. Untuk bisa mencapai 100% efisien, maka sebuah turbin angin harus menahan 100% kecepatan angin yang ada, dan rotor harus terbuat dari piringan solid dan tidak berputar sama sekali, yang artinya tidak ada energi kinetik yang akan dikonversi.

Energi angin bisa ditangkap dengan dua atau tiga buah baling-baling yang didesain seperti sayap pesawat terbang. Untuk mendapatkan kecepatan angin yang cukup tinggi, konstan, dan tidak terlalu banyak turbulensi biasanya turbin angin dipasang di atas sebuah menara pada ketinggian 30 meter atau lebih.

Baling-baling yang digunakan berfungsi seperti sayap pesawat udara. Ketika angin bertiup melalui baling-baling tersebut, maka akan timbul udara bertekanan rendah di bagian bawah dari baling-baling, Tekanan udara yang rendah akan menarik baling-baling bergerak ke area tersebut. Gaya yang ditimbulkan dinamakan gaya angkat. Besarnya gaya angkat biasanya lebih kuat dari gaya tarik. Kombinasi antara gaya angkat dan gaya tarik menyebabkan rotor berputar seperti propeler dan memutar generator. Turbin angin bisa digunakan secara *stand-alone*, atau bisa dihubungkan ke jaringan transmisi.

Jenis-jenis turbin angin :

- *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT)
- *Horizontal Axis Wind Turbine* (Buhl, 2009).

2.5 Definisi Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dan lain-lain. Turbin angin terdahulu banyak digunakan di Denmark, Belanda, dan Negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *windmill*.

Angin adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Angin mengubah energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Cara kerjanya cukup sederhana, energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan.

2.6 Geometri Insidensi

Suatu geometri dibentuk berdasarkan aksioma yang berlaku dalam geometri-geometri tersebut. Geometri insidensi didasari oleh aksioma insidensi. Di dalam sebuah geometri selain aksioma diperlukan juga unsur-unsur tak terdefinisi. Untuk membangun suatu geometri diperlukan unsur tak terdefinisi sebagai berikut :

1. Titik.

   Titik dilambangkan dengan bulatan kecil (.). Titik hanya mempunyai posisi, tetapi titik tidak mempunyai panjang, lebar, maupun ketebalan.

2. Himpunan titik-titik yang dinamakan garis.

   Garis dilambangkan dengan simbol $\overleftrightarrow{AB}$. Garis mempunyai panjang tapi tidak mempunyai lebar maupun ketebalan. Suatu garis bisa lurus, melengkung, maupun kombinasi dari keduanya.

3. Himpunan titik-titik yang dinamakan bidang.

   Bidang mempunyai panjang dan lebar tapi tidak mempunyai ketebalan. Bidang adalah suatu permukaan di mana suatu garis yang menghubungkan dua titik pada permukaan tersebut secara keseluruhan akan terletak pada permukaan tersebut.

Ketiga unsur tak terdefinisi tersebut dikaitkan satu sama lain dengan sebuah sistem aksioma.

Pada geometri insidensi sistem aksioma yang digunakan adalah sistem aksioma insidensi yang terdiri dari enam aksioma, yaitu :

1.1 Garis adalah himpunan titik-titik yang mengandung paling sedikit dua titik.

1.2 Dua titik yang berlainan terkandung dalam tepat satu garis (satu dan tidak lebih dari satu garis).

1.3 Bidang adalah himpunan titik-titik yang mengandung paling sedikit tiga titik yang tidak terkandung dalam satu garis (tiga titik tak segaris atau tiga titik yang tak kolinear).

1.4 Tiga titik berlainan yang tak segaris terkandung dalam satu dan tidak lebih dari satu bidang.

1.5 Apabila sebuah bidang memuat dua titik berlainan dari sebuah garis, maka bidang itu akan memuat setiap titik pada garis tersebut (garis terkandung dalam bidang itu, atau garis terletak pada bidang itu).

1.6 Apabila dua bidang bersekutu pada sebuah titik maka kedua bidang itu akan bersekutu pada titik kedua yang lain (ada titik lain dimana bidang tersebut juga bersekutu).

Sebuah himpunan titik-titik bersama dengan himpunan bagian seperti garis dan bidang yang memenuhi sistem aksioma 1.1 sampai dengan 1.6 disebut suatu geometri insidensi (Rawuh, 2009).

2.7 Geometri Insidensi Terurut

Geometri insidensi terurut adalah geometri insidensi yang telah diperkaya dengan aksioma urutan.

2.7.1 Urutan Pada Garis

Urutan adalah salah satu pengertian yang amat mendasar dalam matematika. Konsep urutan dapat dijumpai dalam kalkulus khususnya dalam himpunan bilangan real. Secara matematika diperkenalkan pengertian urutan tersebut dalam bentuk suatu aksioma yang selanjutnya akan dinamakan sistem *Aksioma Terurut*. Sistem aksioma tersebut adalah sebagai berikut:

U_1 : (*ABC)* mengakibatkan *(CBA)*, *(ABC)* dibaca “titik *B* antara titik *A* dan titik *C*”.

U_2 : *(ABC)* mengakibatkan ~ *(BCA)* dan ~ *(BAC)*, ~ *(BCA)* dibaca “tidak *(BCA)*”.

U_3 : Titik-titik *A*, *B*, *C* berlainan dan segaris jika dan hanya jika *(ABC)*, *(BCA)*, atau *(CAB)*.

U_4 : Jika *P* segaris dan berbeda dengan *A*, *B*, *C* maka *(APB)* mengakibatkan *(BPC)* atau *(APC)* tetapi tidak sekaligus dua-duanya.

U_5 : Jika $A \neq B$ maka ada *X*, *Y*, *Z* sehingga *(XAB)*, *(AYB)*, *(ABZ)*.

a. Ruas Garis (Schaum’s, 2005)

Ruas garis lurus dilambangkan dengan $\overline{AB}$. Ruas garis lurus adalah bagian dari garis lurus yang berada di antara dua titik pada garis lurus tersebut, termasuk kedua titik tersebut.

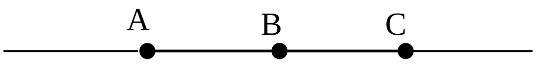
Jika suatu ruas garis dibagi menjadi bagian-bagian:

1. Panjang keseluruhan ruas garis sama dengan jumlah dari panjang semua bagiannya.
2. Panjang keseluruhan ruas garis lebih besar dari panjang bagiannya yang manapun.
3. Dua ruas garis yang mempunyai panjang sama dikatakan *kongruen*. Jadi, jika $AB = CD$ maka $\overline{AB}$ kongruen dengan $\overline{CD}$, sehingga ditulis $\overline{AB} \cong \overline{CD}$.

Jika suatu ruas garis dibagi menjadi dua bagian yang sama:

1. Titik bagiannya adalah titik tengah ruas garis tersebut.

2. Garis yang memotong pada titik tengah dikatakan membagi dua ruas garis tersebut.
3. Jika tiga titik *A*, *B*, dan *C* terletak pada satu garis, maka ketiganya disebut *kolinear*. Jika *A*, *B*, dan *C* kolinear dan *AB* + *BC* = *AC*, maka *B* terletak di antara *A* dan *C*.



Gambar 2.1. Tiga titik *A*, *B*, dan *C* yang kolinear.

Teorema 2.1 (Rawuh, 2009)

(ABC) mengakibatkan *(CBA)* dan *(ABC)* mengakibatkan ~ *(BCA)*, ~ *(BAC)*, ~ *(ACB)*, dan ~ *(CAB)*.

Bukti:

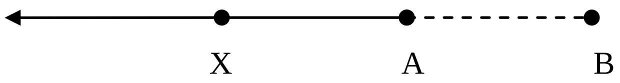
Menurut U_1, jika (*ABC)* mengakibatkan *(CBA)*, menurut U_2, *(ABC)* dan *(CBA)* mengakibatkan ~ *(BCA)* dan ~ *(BAC)*. Misalkan *(ACB)* maka menurut U_1 akan diperoleh *(BCA)*. Hal ini berlawanan dengan *(BCA)*. Jadi haruslah ~ *(ACB)*. Misalkan *(CAB)* menurut U_2, maka diperoleh ~ *(ABC)*. Hal ini berlawanan dengan *(ABC)*. Ini haruslah ~ *(CAB)*.

b. Sinar atau setengah garis

Definisi 2.1 (Rawuh, 2009)

Jika ada dua titik A dan B, $A \neq B$, maka himpunan $H = \{X|(XAB)\}$ dinamakan sinar atau setengah garis. Sinar ditulis sebagai *A/B* ("*A* atas

B"). Kadang-kadang *A/B* dinamakan perpanjangan $\overline{AB}$. Titik *A* dinamakan suatu ujung sinar *A/B*.



Gambar 2.2. Sinar atau setengah garis

2.7.2 Urutan Pada Bidang

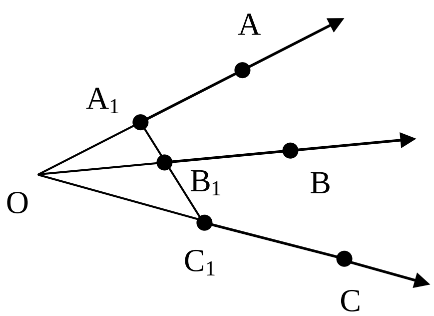
Pada garis berlaku aksioma U_1 sampai U_5, tapi aksioma tersebut kurang mencukupi untuk bidang, sehingga untuk bidang dilengkapi dengan aksioma U_6 yang biasa disebut dengan Aksioma Pasch. Aksiomanya berbunyi sebagai berikut:

U_6 : Misalkan g sebuah garis yang sebidang dengan titik *A*, *B*, *C* tetapi g tidak melalui *A*, *B*, atau *C*. apabila g memotong $\overline{AB}$ maka g memotong $\overline{BC}$ atau $\overline{AC}$ tetapi tidak dua-duanya.

U_6 juga berlaku apabila *A*, *B*, *C* berlainan dan segaris atau apabila *C* = *A* atau *C* = *B*.

2.7.3 Urutan sinar dan sudut

a. Kedudukan antar Sinar



Gambar 2.3. Kedudukan antar sinar

Definisi 2.2 (Rawuh, 2009)

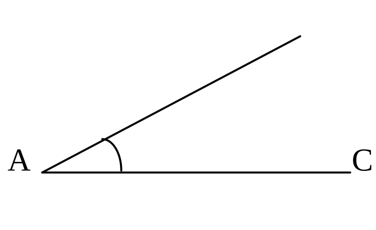
Misalkan $\overline{OA}$, $\overline{OB}$, dan $\overline{OC}$ tiga sinar yang berpangkalan sama di titik *O*. Misalkan pula $\overline{OA}$ dan $\overline{OC}$ berlainan dan tidak berlawanan. Jika ada titik A_1, B_1, C_1 sehingga $A_1 \in \overline{OA}$, $B_1 \in \overline{OB}$, $C_1 \in \overline{OC}$ dan (A_1, B_1, C_1) maka dikatakan bahwa sinar $\overline{OB}$ terletak antara $\overline{OA}$ dan $\overline{OC}$, ditulis ($\overline{OA}\ \ \overline{OB}\ \overline{OC}$).

Persyaratan bahwa $\overline{OA}$ dan $\overline{OC}$ harus berlainan dan tidak berlawanan arah, adalah untuk menjamin sinar-sinar dalam suatu relasi antara supaya sinar-sinar itu berlainan. Pernyataan tersebut dapat pula dinyatakan dalam bentuk yang setara, yaitu:

1. *O*, *A*, *C* berlainan dan tak kolinear
2. $O \notin AC$
3. $\overline{OA}$ dan $\overline{OC}$ tak kolinear.

b. Sudut (Schaum's, 2005)

Sudut adalah suatu gambar yang terbentuk oleh dua sinar yang mempunyai titik akhir yang sama. Sinar-sinar tersebut merupakan sisi-sisi sudut, sementara titik akhirnya merupakan titik sudutnya. Simbol untuk sudut adalah ∠ atau ∡.



Gambar 2.4. Sudut

Pengertian sudut menyangkut berbagai konsep, yaitu:

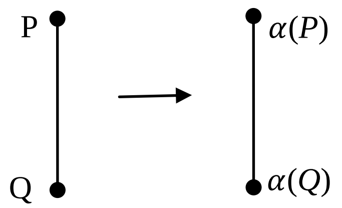
1. Sebuah gambar yang terdiri atas dua garis.
2. Daerah pada bidang yang dibatasi oleh dua garis yang berpotongan.
3. Sebuah ukuran yang dinyatakan dengan bilangan real yang menggambarkan selisih arah dua garis yang berpotongan.

2.8 Isometri

Definisi 2.3 (Jennings, 1997)

Fungsi α : $E^n \longrightarrow E^n$ adalah isometri, jika untuk semua titik P dan Q berada di E^n.

$$\alpha(P)\ \alpha(Q) = PQ$$



Gambar 2.5. Isometri

Definisi 2.4 (Rawuh, 2009)

Transformasi α dinamakan suatu isometri apabila $\alpha(P) = P'$, $\alpha(Q) = Q'$ sehingga jarak $\overline{PQ} = \overline{P'Q'}$ untuk setiap pasang titik P dan Q.

Jadi, suatu isometri adalah suatu transformasi titik yang mempertahankan jarak antara tiap pasang titik.

Teorema 2.2 (Rawuh, 2009)

Jika α dan β adalah isometri-isometri sehingga $\alpha(P) = \beta\ (P)$, $\alpha(Q) = \beta\ (Q)$, dan $\alpha(R) = \beta\ (R)$ untuk tiga titik yang tidak kolinear maka $\alpha = \beta$.

Bukti:

Diketahui bahwa α dan β adalah isometri-isometri yang untuk tiga titik yang tidak kolinear menghasilkan $\alpha(P) = \beta\ (P)$, $\alpha(Q) = \beta\ (Q)$, dan $\alpha(R) = \beta\ (R)$. Jika tiap persamaan tersebut, di sebelah kiri dikalikan dengan α^{-1} maka α^{-1} mempertahankan ketiga titik tersebut sehingga $\alpha^{-1}\beta$ adalah suatu identitas. Jadi, $\alpha^{-1}\beta = I$, yang mengakibatkan bahwa $\alpha = \beta$.

2.9 Refleksi

Refleksi atau pencerminan adalah transformasi yang memindahkan titik-titik dari suatu objek dengan menggunakan sifat bayangan, yaitu:

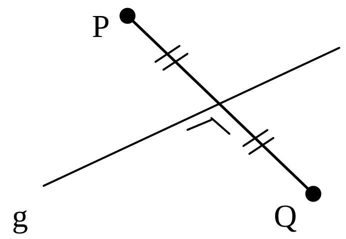
1. Garis yang menghubungkan setiap titik dengan bayangannya tegak lurus dengan sumbu pencerminan.
2. Jarak antara setiap titik dan cermin sama dengan jarak bayangan ke cermin.
3. Bangun dan bayangannya adalah kongruen.

Definisi 2.5

Sebuah refleksi dari titik P, yang hasil refleksi ditulis sebagai $\sigma_g(P)$ dengan g adalah garis yang dinamakan sebagai sumbu refleksi ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma_g(P) = \begin{cases} P, & \text{jika } P \in g \\ Q, & \text{jika } P \notin g \end{cases}$$

Dan g adalah sumbu ruas *PQ*



Gambar 2.6. Refleksi titik *P* terhadap garis g

Teorema 2.3

Jika g sebuah garis dan σ_g adalah refleksi pada garis g, maka σ_g adalah suatu isometri.

Bukti:

Misalkan, diketahui tiga titik segaris yang berurutan *A*, *B*, dan *C* yang terletak pada sisi yang sama terhadap garis g. Titik *B* terletak di antara *A* dan *C*, dapat ditulis $A – B – C$. jika σ_g adalah refleksi pada g dan jika $\sigma_g(A) = A'$, $\sigma_g(B) = B'$, dan $\sigma_g(C) = C'$. Akan dibuktikan bahwa $ABC = A'B'C'$.

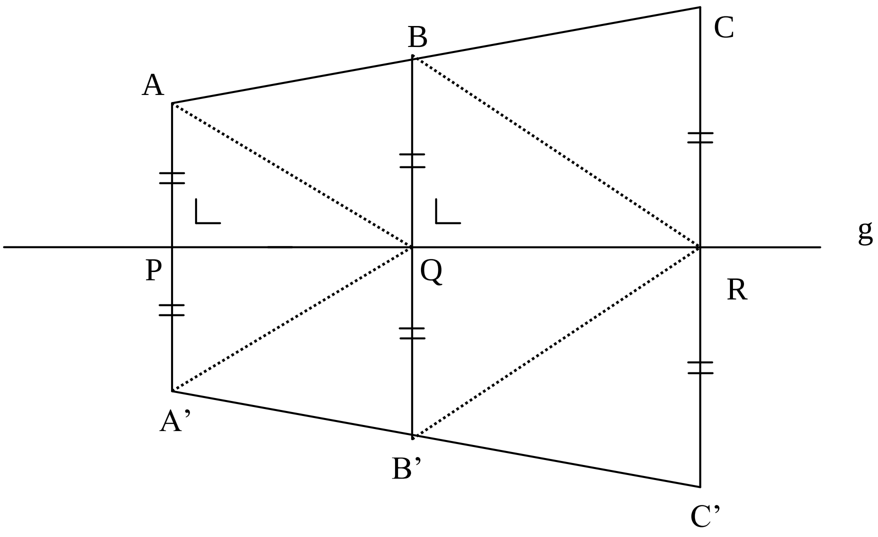
Misalkan, jika $AA' \perp$ g, $BB' \perp$ g, dan $CC' \perp$ g.

Diketahui *AA'* memotong g di titik *P*, *BB'* memotong g di titik *Q*, dan *CC'* memotong g di titik *R*.

Karena σ_g adalah refleksi pada g, maka $PA = PA'$, $QB = QB'$, dan $RC = RC'$. Sehingga diperoleh $\Delta PAQ \cong \Delta PA'Q$, dan $\Delta QBR \cong \Delta QB'R$ yang mengakibatkan $QA = QA'$ dan $RB = RB'$.

Jadi, $\angle AQB = \angle A'QB'$ dan $\angle BRC = \angle B'RC'$.

Sehingga terbukti bahwa $ABC = A'B'C'$ dan σ_g merupakan suatu isometri.



Gambar 2.7 Refleksi tiga titik berurutan A, B, dan C terhadap garis g

2.10 Rotasi

Definisi 2.6

Suatu rotasi dengan pusat P dan sudut rotasi α, adalah sebuah transformasi titik pada R^2, dapat ditulis R(P, α)

T: $R^2 \longrightarrow R^2$

$(x, y) \longrightarrow (x', y')$

Dimana $x' = x \cos \theta - y \sin \theta$ (4.2)

$y' = x \sin \theta + y \cos \theta$ (4.3)

Jika R(P, α) : $(x, y) \longrightarrow (x', y')$ dengan P(x_p , y_p), maka

$x' = x_p + (x - x_p) \cos \theta - (y - y_p) \sin \theta$ (4.4)

$y' = y_p + (y - x_p) \sin \theta + (y - y_p) \cos \theta$ (4.5)

Rotasi terdiri dari 2 macam: rotasi melawan arah jarum jam (counter-clockwise) dan rotasi searah jarum jam (clockwise). Persamaan rotasi :

1. Rotasi melawan arah jarum jam

   $x' = x \cos \theta - y \sin \theta$

   $y' = x \sin \theta + y \cos \theta$

2. Rotasi searah jarum jam

   $x' = x \cos \theta + y \sin \theta$

   $y' = -x \sin \theta + y \cos \theta$ (**John. 2004**).