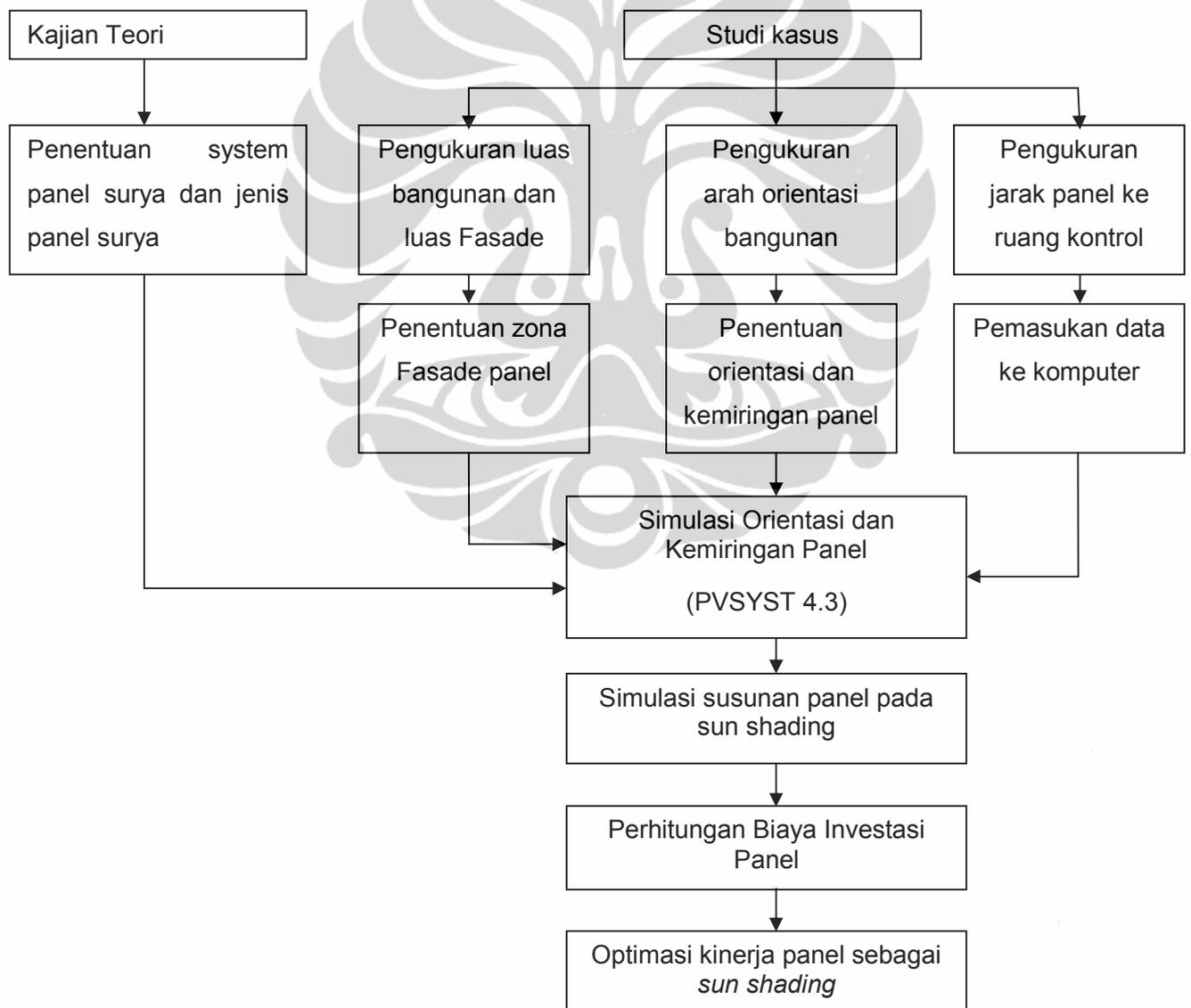


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Berdasarkan alur teori pada bab 2, dapat diketahui alur kegiatan penelitian yang berkaitan dengan teori seperti pada alur dibawah ini:



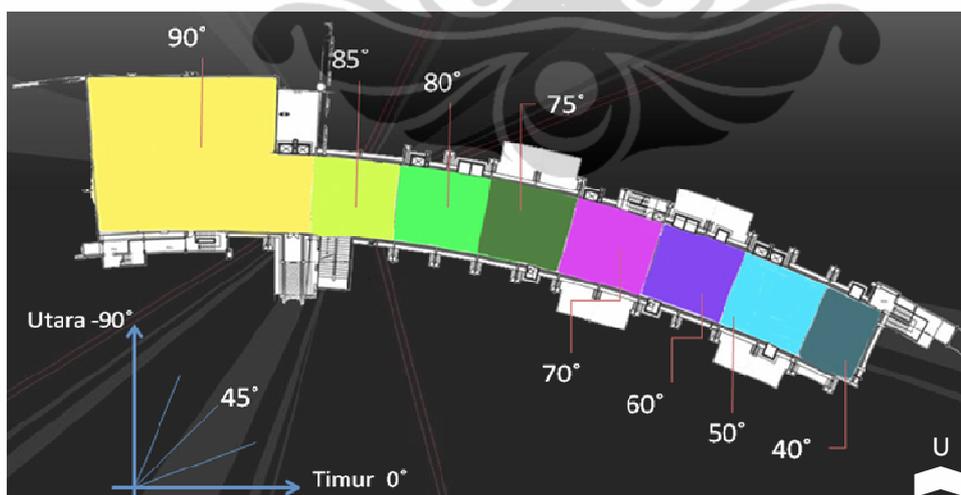
3.2 Variabel Penelitian

Penelitian pada thesis ini dilakukan secara bertahap dengan mengacu pada tiga tahap sebagai aspek yang mempengaruhi besarnya energi pada panel surya, yaitu ;

1. Mencari Kemiringan (*tilt angle*) panel surya (PV) yang menghasilkan energi listrik maksimum untuk PV sebagai *sunshading*.
2. Mencari perletakkan PV pada fasade yang efektif dan efisien karena arah orientasi bangunan utara-selatan dan bentuk bangunan yang melengkung.
3. Mencari Jarak PV dengan inverter dan ruang kontrol yang mampu mengurangi energi hasil PV yang hilang akibat kesalahan pemasangan dan rambatan kabel.

3.2.1 Orientasi Bangunan

Nurhamdoko Boni (1999) mengatakan bahwa radiasi matahari terbesar pada sisi timur-barat. Menurut Patricia Dewi (2005), kinerja panel paling optimal pada sisi utara bila menggunakan sudut orientasi tunggal. Berdasarkan teori pergerakan matahari, engineering center berada pada 6,3° sebelah selatan bumi, maka matahari beredar paling banyak di sebelah utara. Dengan bentuk bangunan melengkung,, fasade engineering center memiliki orientasi yang berbeda (gambar 3-1).



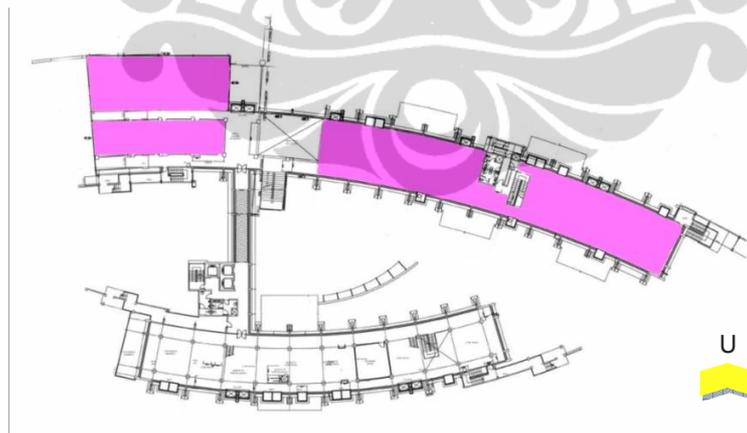
Gambar 3-1 Pembagian Orientasi engineering center

Pada gambar 3-1 terlihat bahwa fasade engineering center memiliki orientasi yang berbeda, mulai dari utara (0°) sampai timur laut (45°). Ruang yang menghadap utara paling luas dibandingkan ruang lain. Perbedaan sudut orientasi per trafe kolom adalah 5° , dengan 3 trafe terakhir menghadap timur laut. Orientasi fasade engineering center yang bervariasi dibutuhkan parameter lain untuk menentukan orientasi penelitian. Penentuan orientasi penelitian mengacu pada zona ruang yang aktif digunakan.

Pembagian zona berdasarkan ruang yang aktif digunakan.

Pembagian zona berdasarkan ruang yang aktif digunakan untuk mengetahui bahwa panel surya sebagai sun shading dapat berfungsi. Sun shading atau teritisan digunakan untuk menghindari sinar matahari yang masuk secara langsung ke dalam bangunan sehingga tidak mengganggu pengguna bangunan.

Ruang aktif yang digunakan pada engineering center pada tiap lantai sama besarnya. Pada gambar 3-2 di bawah, area merah muda menunjukkan pemanfaatan area untuk kegiatan pada setiap lantai. Pemetaan area yang aktif terpakai tersebut dilanjutkan dengan area permukaan yang akan digunakan disesuaikan dengan rasio bangunan.

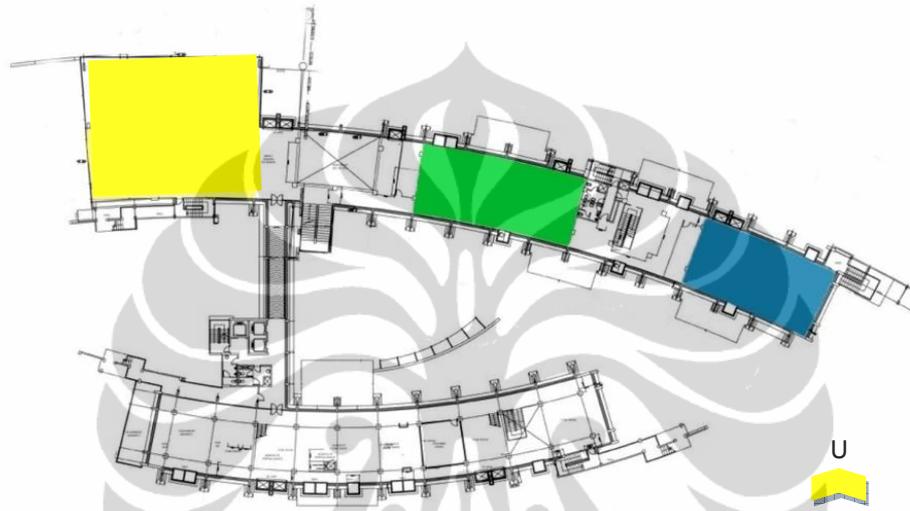


Gambar 3-2 Pembagian zona ruang yang aktif digunakan

Berdasarkan aspek ratio bangunan yang dikemukakan oleh dewi patricia pada thesisnya bahwa rasio 1:2,33 adalah rasio yang optimal untuk panel surya. Aspek rasio adalah perbandingan antara panjang dengan lebar bangunan.

Pembagian zona berdasarkan rasio bangunan 1:2,33 untuk pemasangan panel PV

Rasio optimal untuk bangunan yang menggunakan panel panel surya yaitu, 1 : 2,33. Rasio bangunan engineering center yaitu 1 : 11. Maka engineering center dibagi menjadi tiga bagian (gambar 3-3).



Gambar 3-3 pembagian zona berdasarkan rasio bangunan.

Gambar 3-3 menunjukkan engineering center terlalu tipis. Untuk memenuhi perbandingan ratio 1:2,33, dilakukan pembagian ruang yang digunakan sesuai dengan angka rasio yang mendekati 1:2,33. Area kuning memiliki 1:4. Area hijau memiliki rasio 1:2,75 dan area biru memiliki rasio 1:2,75. Area hijau dan biru memiliki besar rasio yang sama. Oleh sebab itu bangunan *engineering center* dibagi menjadi beberapa bagian yang disesuaikan lagi dengan penggunaan ruang.

Berdasarkan penjabaran pengelompokkan area aktif sesuai rasio bangunan, maka ditentukan zona penempatan panel pada dua zona. Jika digabungkan dengan gambar 3-1 mengenai orientasi bangunan, maka didapatkan variabel orientasi untuk penelitian (gambar 3-4), yaitu:

1. Orientasi 0°
2. Orientasi 45°



Gambar 3-4 Variabel Orientasi

Gambar 3-4 di atas menunjukkan variabel orientasi bangunan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu orientasi 0° dan 45° . Kedua variabel ini menjadi data dalam simulasi PVSYST.

3.2.2 Variabel Kemiringan Panel Surya

Berdasarkan penelitian bidang konversi Energi BPPT, kemiringan panel surya yang optimal mengikuti letak geografis bangunan yaitu 10° . Engineering center berada pada garis 6,3 LS, maka kemiringan panel yang optimal adalah $6,3^\circ$. Tetapi dari segi perawatan kemiringan 6 terlalu landai dengan curah hujan yang tinggi, energi yang dihasilkan tidak maksimal dan biaya perawatan panel akan semakin besar.¹ Maka, kemiringan panel 10° menjadi salah satu variabel penelitian.

Berdasarkan teori *tilt angle* optimum, Wilayah Indonesia, khususnya Jakarta mendapatkan energi radiasi yang relative konstan dalam setahun. Persamaan tersebut:

$$\text{Latitude} + 15^\circ$$

Berdasarkan penelitian oleh BPPT, kemiringan yang optimal adalah 10° , maka $10^\circ + 15^\circ = 25^\circ$. Selain itu, dalam tesis saudara Nurhamdoko Boni (1999) dikatakan bahwa kemiringan panel yang optimal adalah 25° . Oleh sebab itu, kemiringan 25° menjadi salah satu variabel penelitian.

¹ Zanghis Chan, Staff ahli Photovoltaics balai Konservasi Energi BPPT- Puspipstek Serpong

Kemiringan atap untuk bangunan tingkat rendah di Indonesia pada umumnya adalah 30° mengikuti kemiringan maksimum bahan penutup atap. Kemiringan *sunshading* pada bangunan bertingkat rendah, pada umumnya mengikuti kemiringan atap sebesar 30° .² Maka kemiringan 30° menjadi variabel penelitian. Berdasarkan uraian kemiringan panel surya tersebut, maka dapat disimpulkan variabel untuk kemiringan antara lain:

1. Kemiringan 10° (T10)
2. Kemiringan 25° (T25)
3. Kemiringan 30° (T30)

3.3 Luas Permukaan Fasade untuk Panel Surya

Langkah selanjutnya sebelum melakukan simulasi adalah penentuan fasade untuk panel surya. Luas bangunan Engineering center secara keseluruhan sebesar 6651m^2 . Engineering center sendiri terbagi menjadi dua bangunan, yaitu:

1. Bangunan A : perkantoran dan bisnis (3 lantai, luas bangunan $3108,6\text{m}^2$).
2. Bangunan B : perpustakaan dan ruang kuliah (6 lantai, luas bangunan $3542,4\text{m}^2$)

Penentuan fasade berdasarkan jumlah terbanyak panel surya yang dapat digunakan pada fasade, dalam hal ini yang digunakan adalah permukaan fasade terluas. Luas fasade engineering center

1. Bangunan A sisi utara : $99,3\text{ m} \times 13,4\text{ m} = 1330,62\text{ m}^2$
2. Bangunan A sisi selatan : $99,3 \times 13,4\text{ m} = 1330,62\text{ m}^2$
3. Bangunan B sisi utara : $61,5 \times 13,4\text{ m} = 824,1\text{ m}^2$
4. Bangunan B sisi selatan : $61,5 \times 13,4\text{ m} = 824,1\text{ m}^2$

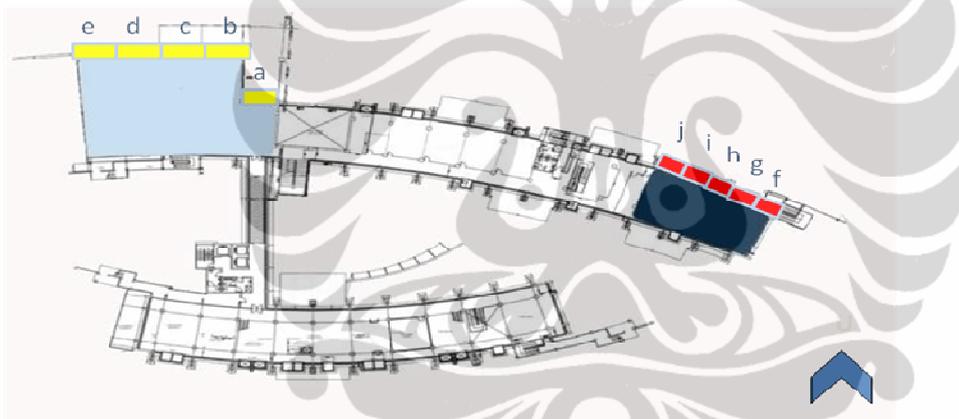
Bangunan A sisi utara menjadi tempat perletakkan panel surya karena permukaan bangunan A lebih luas jika dibandingkan permukaan bangunan B.

² Frick, Heinz. 2006. *Arsitektur Ekologis*. Kanisius:Yogyakarta

Berdasarkan teori sudut deklinasi yaitu bumi mengitari matahari dengan sudut $23,5^\circ$. Letak kota Depok di sebelah selatan bumi pada garis lintang $6,3^\circ$ LS menyebabkan matahari paling banyak disebelah utara. Oleh sebab itu, sisi utara bangunan A engineering center merupakan tempat yang optimal untuk perletakkan panel surya.

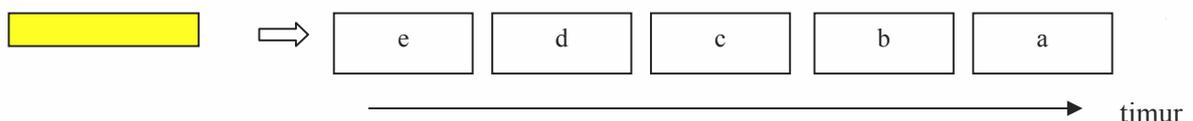
3.3.1 Variabel Perletakkan Panel Surya pada Fasade

Panel fasade diletakkan antar kolom. Berdasarkan aspek ratio, terbagi dua zona fasade dengan jumlah trafe pada masing-masing zona adalah lima. Untuk memudahkan simulasi, satu trafe dianggap 1 panel, berarti 5 trafe = 5 panel dengan penyusunan pada simulasi sebagai pada gambar 3-5 di bawah ini.



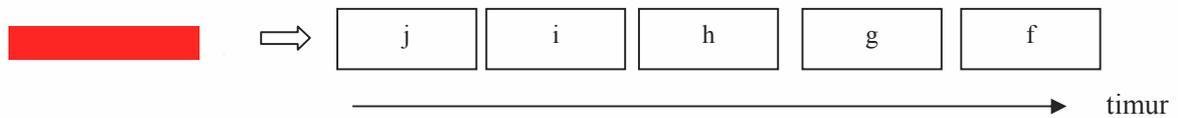
Gb.3-5 susunan panel pada simulasi

Gambar 3-5 menunjukkan susunan panel pada simulasi PVSYST. Panel surya dipasang mengikuti orientasi bangunan yaitu orientasi utara (0°) dan orientasi timur laut (45°). Panel surya digantikan dengan abjad a,b,c,d,e,f,g,h,i,j.



Gambar 3-6 susunan panel pada fasade orientasi utara

Gambar 3-6 menunjukkan susunan panel surya pada fasade bangunan dengan orientasi utara. Panel disusun ke arah barat dengan susunan timur-barat adalah panel a,b,c,d, dan e.

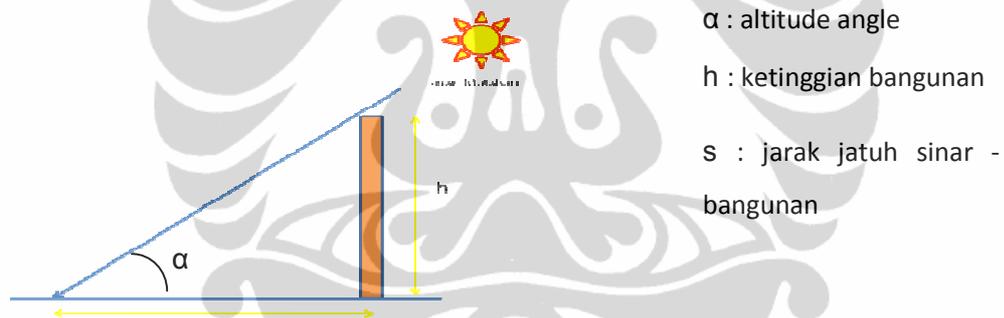


Gambar 3-7 susunan panel pada fasade orientasi timur laut

Gambar 3-7 menunjukkan susunan panel surya pada fasade bangunan dengan orientasi timur laut (45°). Panel disusun ke arah barat dengan susunan timur-barat adalah panel a,b,c,d, dan e.

3.4 Variabel Ketinggian Panel Surya

Berdasarkan teori radiasi matahari untuk mendapatkan radiasi matahari yang optimal dan jatuhnya bayangan dapat dilihat melalui gambar 3-8 berikut ini:

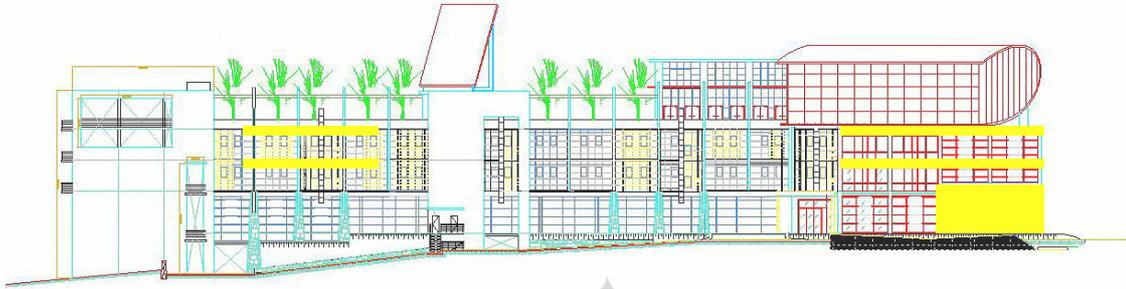


Gambar 3-8 Jarak jatuhnya sinar pada bangunan

Gambar 3-8 diatas dapat diketahui ketinggian yang bisa menjadi parameter dalam penelitian ini sebagai validasi terhadap perletakkan berdasarkan ketinggian lantai. Ketinggian lantai yang menjadi parameter yaitu:

1. Ketinggian 13,4m, merupakan ketinggian pada lantai tiga.
2. Ketinggian 9,6m, merupakan ketinggian pada lantai dua.
3. Ketinggian 5,8 m, merupakan ketinggian pada lantai dasar.

Panel surya sebagai sun shading dapat diletakkan pada orientasi utara dan timur laut. Pada perletakkan ini, perletakkan panel surya dengan asumsi kisi-kisi yang telah ada dirubah.



Gambar 3-9 Alternatif 1 Perletakkan panel surya pada fasade engineering center

Penempatan panel surya juga dapat diletakkan pada bukaan yang belum terpasang kisi-kisi sampai saat ini.



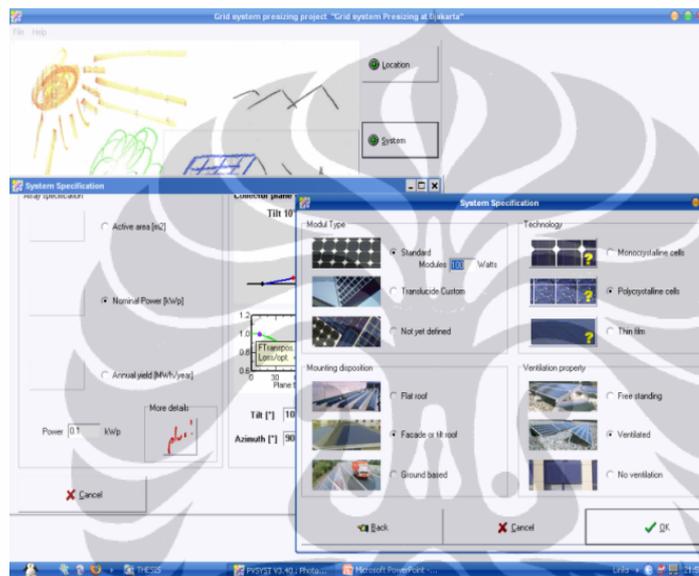
Gambar 3-10 Alternatif 2 perletakkan panel surya pada fasade engineering center

3.5 Penelitian Menggunakan Simulasi PVSYST

Simulasi computer melalui dua tahap, yaitu:

- *Preliminary design.*
 - Tahap awal program PVSYST menentukan:
 - Lokasi bangunan,
 - Orientasi bangunan, dan

- Kemiringan panel surya.
 - Luas permukaan untuk panel surya
 - Tipe panel yang digunakan dan sistemnya.
- Hasil pada tahap ini berupa grafik mengenai radiasi matahari yang diterima selama setahun dan asumsi harga per panel surya.



Gambar 3-11 Preliminary Design

Sumber : Simulasi program PVSYST 4.3

Project Design

Pada tahap ini, penelitian yang dilakukan lebih mendalam dan detail. Faktor yang mempengaruhi kinerja panel surya dimasukkan seperti:

1. Luas bangunan
2. Orientasi bangunan
3. Kondisi sekitar
4. Ketinggian panel surya pada bangunan
5. kemiringan panel surya,
6. perletakkan modul pada bangunan,
7. system penyusunan modul,
8. jenis inverter yang digunakan.

Hasil akhir dari tahap ini adalah Parameter untuk mendapatkan kemiringan panel yang optimal serta jumlah panel yang dibutuhkan.

3.5.1 Variabel Simulasi PVSYST

Pengujian dengan simulasi PVSYST untuk mengetahui orientasi bangunan dan kemiringan panel surya dengan keluaran energi yang paling maksimum.

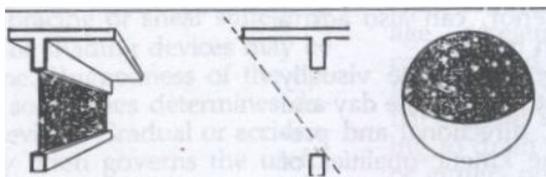
Variabel penelitian untuk melihat orientasi bangunan dan kemiringan panel yang optimal antara lain:

1. *Available energy*
2. *Performance ratio*
3. *Solar fraction*
4. *Missing energy*

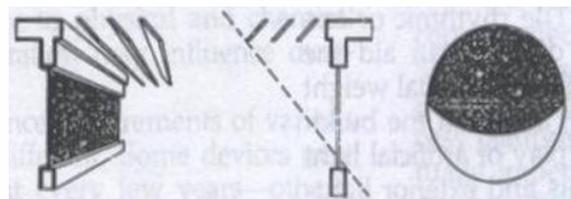
3.6 Variabel Konfigurasi Susunan Panel pada Fasade

Berdasarkan penelitian sebelumnya dan teori pergerakan matahari, bahwa matahari menyinari bumi membentuk sudut 23.5° . Maka panel surya diletakkan membentuk sudut tertentu terhadap dinding. Variabel sudut yang terbentuk mengikuti variabel kemiringan panel surya, yaitu kemiringan 10° , 25° dan 30° .

Berdasarkan teori *sunshading*, tipe yang bisa digunakan di Indonesia adalah tipe yang membentuk sudut tertentu dan mengarah ke datangnya sinar matahari. Berdasarkan contoh kasus bangunan yang menggunakan panel surya sebagai sun shading, ada dua tipe *sunshading* yang sesuai dengan iklim tropis (gambar 3-12 dan 3-13).

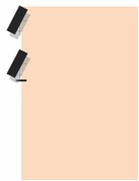


Gambar 3-12 *Solid overhang*



Gb. 3-13 *Louvered overhang paralel*

Berdasarkan teori perletakkan panel surya pada fasade, tipe yang bisa digunakan pada engineering center ada dua tipe (gambar 3-14 dan 3-15).



Gambar 3-14 *Inclined with windows*



Gambar 3-15 *Inclined wall*

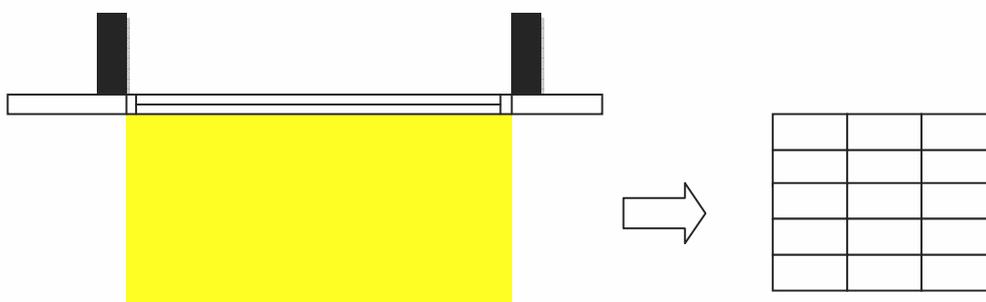
Panel surya yang digunakan untuk penelitian ada dua dimensi, yaitu:

Berdasarkan uraian teori mengenai susunan sel surya pada panel, didapatkan penyusunan 36 sel dengan dimensi:

1. Dimensi 35 cm x 55 cm (D55)
2. Dimensi 40 cm x 40 cm (D40)

Panel surya diletakkan pada tiap trafe kolom fasade engineering center.

Gambar 3-16 di bawah ini menunjukkan susunan panel surya dengan tipe *solid overhang* menjadikan beberapa panel surya pada satu rangka utuh dengan gabungan tipe *inclined wall*. Penyusunan alternatif 1 ini diharapkan didapatkan energi yang optimal dengan kemiringan panel optimal hasil simulasi.



Gambar 3-16 alternatif 1 susunan panel surya

Susunan array panel dengan menggunakan penggabungan tipe *louvered overhang* paralel dengan tipe perletakkan *inclined with windows*. Kemiringan panel disesuaikan dengan kemiringan yang optimal (tergantung hasil simulasi kemiringan optimal).

Berdasarkan gambar 3-17 di bawah, susunan panel surya dengan tipe *louvered overhang* menjadikan satu panel surya per satu rangka dengan gabungan tipe *inclined with windows*. Penyusunan alternatif 2 ini diharapkan didapatkan energi yang optimal dengan kemiringan panel optimal hasil simulasi.



Gambar 3-17 alternatif 2 susunan panel surya

3.7 Hal-hal yang Diperhatikan pada Saat Penelitian

1. Lokasi penelitian di Depok ($6,3^{\circ}$ LS), bertempat di ruang kelas magister Arsitektur Universitas Indonesia.
2. Lokasi pengambilan data terbebas dari bayangan bangunan sekitar.
3. Orientasi panel surya diukur dengan menggunakan kompas.
4. Data waktu pengukuran untuk simulasi adalah siang hari mulai pukul 09.00 – 17.00 WIB, selama 8 jam.

3.8 Langkah-langkah Penelitian

1. Melakukan uji validasi terhadap program simulasi PVSYST
2. Melihat perbandingan nilai parameter *performance ratio*, *solar fraction*, *missing energy*, dan *available energy* pada masing-masing kemiringan dan orientasi.
3. Menganalisa data kebutuhan energi *engineering center* pada masing-masing lantai dengan parameter uji : kWh/m²/hari
4. Menganalisa hasil simulasi dari masing – masing variabel.
5. Menetapkan beberapa variabel pada penelitian panel surya sebagai *sunshading* dan aplikasi pada fasade *engineering center*.

6. Menganalisis secara arsitektural pola perletakkan panel surya pada fasade *engineering center*
7. Melakukan analisis jarak terjauh dan terdekat panel surya terhadap zona inverter dengan parameter uji Jarak terdekat dengan pembanding jarak optimum 10 m.

Alat penelitian

1. Orientasi bangunan diukur secara teliti dengan menggunakan kompas.
2. Data penelitian kemudian diolah dalam bentuk grafik dengan menggunakan program excel.
3. Pengukuran parameter uji dengan simulasi computer program PVSYST 4.3

