

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**PEMODELAN SISTEM *BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC* (BIPV)
(Studi Kasus: Gedung Rektorat Uin Suska Riau)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi Teknik Elektro



oleh :

FACHRUR ROZI
11555100789

UIN SUSKA RIAU
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2019

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMODELAN SISTEM *BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC* (BIPV) (Studi Kasus: Gedung Rektorat Uin Suska Riau)

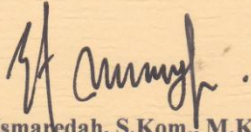
TUGAS AKHIR

Oleh :

FACHRUR ROZI
11555100789

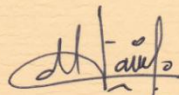
Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro
di Pekanbaru, pada tanggal 19 Desember 2019

Ketua Program Studi



Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

Pembimbing



Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
NIK. 130 517 094

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMODELAN SISTEM *BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC*
(BIPV) (Studi Kasus: Gedung Rektorat Uln Suska Riau)**

TUGAS AKHIR


Oleh:


FACHRUR ROZI
11555100789

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 19 Desember 2019

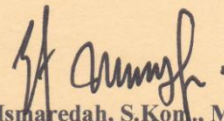
Pekanbaru, 19 Desember 2019

Mengesahkan,

Dekan

Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag
NIP. 19660604 199203 1 004


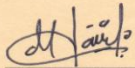
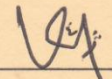



Ketua Program Studi


Ewi Isma'edah, S.Kom., M.Kom
NIP. 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Oktaf Brillian Kharisma, ST., MT
Sekretaris : Marhama Jelita, S.Pd., M.Sc
Anggota I : Susi Afriani, ST., MT
Anggota II : Nanda Putri Miefthawati, B.Sc., M.Sc

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 19 Desember 2019

Yang membuat Pernyataan,

Fachrur Rozi

Nim.11555100789

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٥﴾ إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾

LEMBAR PERSEMBAHAN

“Karena sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama setiap kesulitan ada kemudahan” (Q.S Al Insyirah : 5 - 6).

“Untuk Ibu, Ibu Tete Tercinta dan Ayahanda terhormat Agogo, Karya ini kupersembahkan untuk kalian tercinta”

Alhamdulillah puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT, yang selalu memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat dan salam ucapkan kepada nabi Muhammad SAW, yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah hingga zaman islamiah.

Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk orang tua yang telah memberikan saya kesempatan untuk bisa menjadi seorang anak yang mandiri dan terdidik, dengan kerja keras dan do'a – do'a yang selalu Ibu, Ayahpanjatkan didalam sujudmu demi masa depan anak- anakmu, dan istri tercinta yang selalu memberi dukungan dan semangat. Semoga dengan menyelesaikan masa belajar ini kami berharap bisa menjadi kebanggaan untukmu. Ucapan terimakasih yang sangat besar bagi dosen pembimbing Ibu Marhama Jelita ,S.Pd., M.Sc saudara perjuangan Ahmad Rian Nur yang secara tidak langsung menjadi mentor diskusi dan saudara perjuangan Energi'15 selaku wadah inspirasi. semoga Allah limpahkan keberkahan, kesehatan dan umur yang panjang, tak sedikitpun jasa mu mampu terbalaskan, begitu luas dan dalam.

UIN SUSKA RIAU

PEMODELAN *BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC* (BIPV)

(Studi Kasus: Gedung Rektorat Uin Suska Riau)

FACHRUR ROZI

NIM. 11555100789

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Gedung Rektorat UIN Suska Riau merupakan bangunan gedung yang memiliki konsumsi energi listrik terbesar dari semua bangunan di UIN Suska Riau. Untuk mengurangi beban konsumsi energi di gedung Rektorat UIN Suska Riau, maka pada penelitian ini menawarkan metode berupa pemodelan BIPV. Tujuan pada penelitian ini pemodelan BIPV di gedung rektorat UIN SUSKA Riau.. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah BIPV berventilasi. Dengan penerapan BIPV selain menghasilkan energi listrik, BIPV mampu menurangi panas yang masuk kedalam ruangan. Dari penerapan sistem BIPV di gedung Rektorat UIN Suska Riau didapatkan hasil energi pasif dan energi aktif. Adapun energi pasif yang dihasilkan dimana nilai koefisien *heat transfer*(h) sebesar 9,5 2,9 dan 0,09. Dari nilai h maka nilai U didapatkan. Nilai U yang didapatkan mengalami penurunan dari 3,076 W/m²K menjadi 2,314 W/m²K. Sehingga terjadi penurunan nilai Q_w dan nilai OTTV pada bangunan. Dimana Dari hasil nilai Q_w tersebut maka didapatkan nilai rasio penguangan panas sebesar 0,997. Sedangkan nilai OTTV dari penerapan BIPV mengalami penurunan pada setiap orientasinya yang dibandingkan nilai OTTV sebelumnya.. Sedangkan Energi aktif yang diperoleh dari pemodelan BIPV yaitu nilai temperatur sel PV yang didapatkan rata-rata sebesar 292-293K. Dari temperatur sel PV didapatkan nilai efisiensi rata-rata tiap bangunan yaitu sebesar Barat 0,18419, Timur 0,18408, Utara 0,18420, dan Selatan 0,18419. Untuk daya listrik yang dihasilkan, dimana pada dalam satu hari, energi listrik yang dihasilkan BIPV mencapai 292,317 kWh dari total beban gedung Rektorat UIN Suska Riau sebesar 1208,4 kWh. Untuk daya listrik yang dihasilkan BIPV dalam satu bulan 8,76 MWh dari total beban 36,24 MWh perbulan. Dan energi yang dihasilkan BIPV dalam satu tahun didapatkan 105,234 MWh pertahun.

kata kunci : BIPV, *Comsol Multipysic*, Pemodelan, Energi Pasif, Energi Aktif

MODELING OF BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)

(Case Study Of Uin Suska Riau Rectorate Building)

FACHRUR ROZI

NIM. 11555100789

Date of Examination: 19 December 2019

*Electrical Engineering Study Program
Faculty of Science and Technology
Sultan Syarif Kasim Riau State Islamic University, Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru*

ABSTRACT

The UIN Suska Riau Building Directorate is a building that has the highest electricity consumption of all buildings in UIN Suska Riau. To reduce the burden of energy consumption in the Suska Riau UIN Directorate building, then this research offers several methods of BIPV modeling. The purpose of this research is BIPV modeling in UIN SUSKA Riau building. The method used in this research is ventilated BIPV. By implementing BIPV, in addition to producing electricity, BIPV is able to reduce the heat entering the room. From the application of the BIPV system in the Suska Riau UIN Directorate building, it was found to be energizing and energizing. The fanfever produced resulted in an increase in the coefficient of transfer heat (h) of 9.5 2.9 and 0.09. From the value of the food, we get it. The U value obtained decreased from 3,076 W/m²K to 2,314 W/m²K. Thus, the decline in Q_w value and OTV values in the building. Where from the results of the Q_w-value, it was found that the liquidation reduction was 0.997. While the OTTV value of the BIPV application experienced a decrease in each orientation compared to the previous OTTV value ... While the Energy gained from the BIPV modeling of olive in a PV cell temperature obtained an average of 292-293K. From the PV cells obtained the average efficiency value of each building was West 0,18419, East 0,18408, North 0,18420, and South 0,18419. For electric power generated, wherein in the fall, energy generated by BIPV reaches 292,317 kWh of the total building structure of the Susina Riau UIN Directorate of 1208,1 kWh. For electricity generated BIPV in 8.76 MWh per month from a total load of 36.24MWh per month. And the energy produced by BIPV in recent years is 105,234 MWh per year.

Keywords: *BIPV, ComsolMultipysic, Modeling, Passive Energy, Active Energy*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, yang telah mencurahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Salawat beserta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan alam pembawa cahaya bagi kehidupan manusia yakni nabi Muhammad SAW, sebagai seorang sosok pemimpin umat yang patut diteladani bagi seluruh umat yang ada di dunia hingga akhir zaman.

Penulisan Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi. Atas berkat rahmat dan ridho Allah SWT penulis dapat Menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul "Pemodelan Sistem Bilding Integrated Photovoltaic (BIPV) (Studi Kasus: Gedung Rektorat UIN Suska Riau)".

Sudah menjadi ketentuan bagi setiap mahasiswa yang ingin menyelesaikan studinya pada program Sarjana S1 di UIN SUSKA Riau harus membuat karya ilmiah berupa Tugas Akhir. Pada proses pembuatan Tugas Akhir banyak penulis dapatkan masukan yang membantu penulis dalam menyelesaikannya, maka dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, baik itu berupa bantuan moral, materi, atau berupa pikiran yang tidak akan pernah terlupakan. Antara lain kepada:

1. Ibunda tercinta Tete, ayahanda terhormat Agogo yang telah memberikan semangat, dukungan moril, maupun materiil dan doa kepadapenulis.
2. Saudarakandung saya Tessa Aprilia, Fitra Ayu Ramadhani, Asmiranda, Dan Ridhotul Al-Muzakki yang menjadipenyemangatsayadalammenyelesaikantugasakhirini.
3. Saudara seperjuangan Nabila Miranda, Tarikh Bilhadi, Ahmad RianNurdan Saudara T'15 yang telah memberikan saran dan masukan motivasi yang sangat berharga agar dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. DR, H. Akhmad Mujahidin, S.Ag., M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Dr. H. Surya A. Jamrah, MA selaku Plt. Dekan Fakultas Sains danTeknologi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

6. Ibu Ewi Ismaredah, S. Kom., M.Kom selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA Riau yang telah membuat proses administrasi pada Jurusan Teknik Elektro menjadi lebih baik dan efektif.
7. Ibu Marhama Jelita ,S.Pd., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan banyak waktu serta pemikirannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Pada penyelesaiannya, melalui beliau penulis mendapatkan pengetahuan yang sangat berharga, dengan keikhlasan dan kesabaran dalam memberikan penjelasan dari nol hingga penulis menjadi paham sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
8. Susi Afriani, S.T., M.T. selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
9. Nanda Putri Mieftawati, B.Sc, M.Sc selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi kritikan dan saran kepada penulis yang sangat membangun terhadap penulisan Tugas Akhir ini.
10. Teman seperjuangan calon S.T ENERGI'15 yang telah memberikan dorongan, membantu, menemani dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Serta seluruh pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.

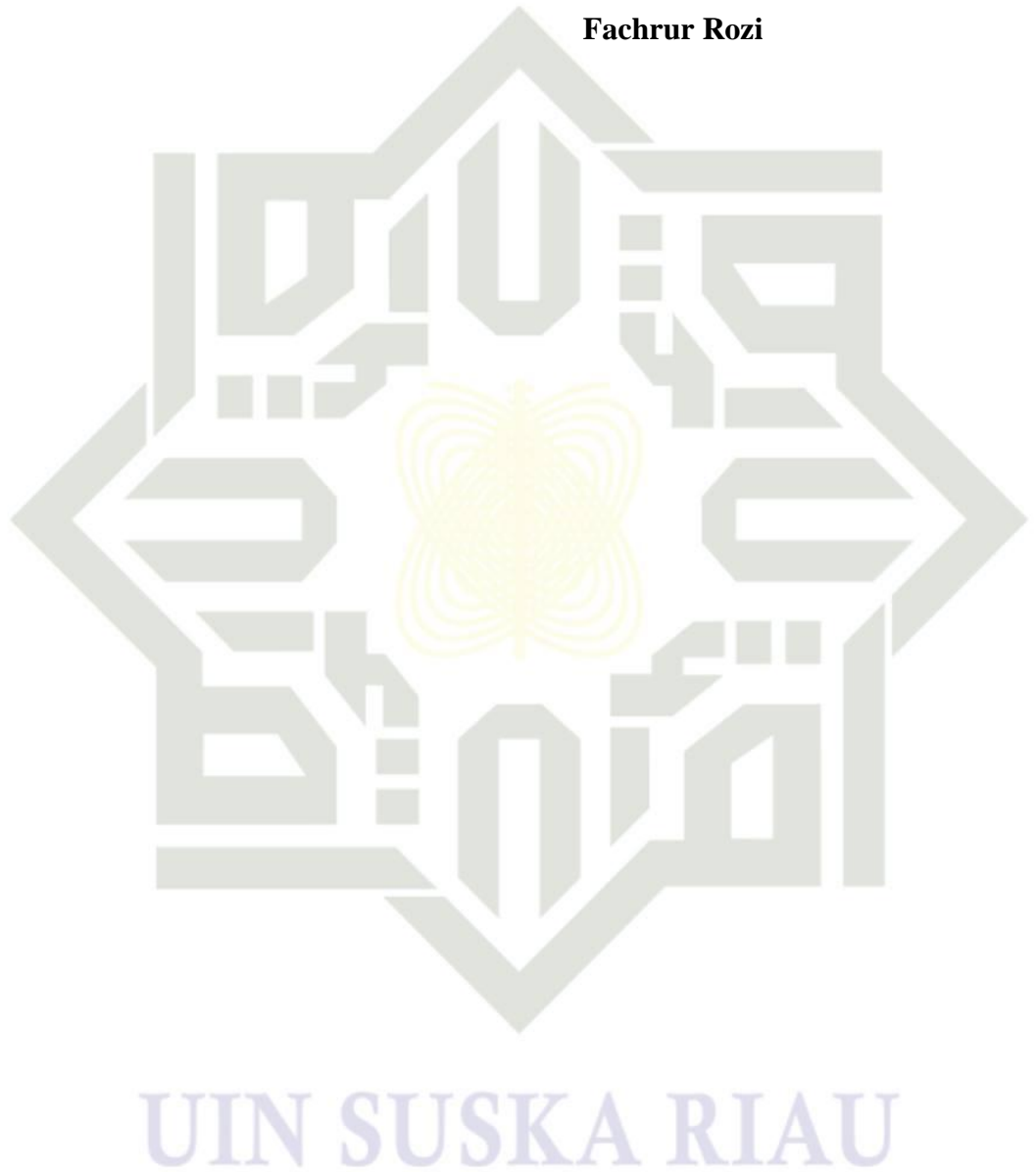
Atas jasa-jasa yang telah diberikan kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini mampu diselesaikan sesuai prosedur yang berlaku di Jurusan Teknik Elektro. Tanpa bantuan dan dorongan yang diberikan, penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini, oleh sebab itu penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah meluangkan waktunya, hanya Allah SWT yang mampu membalas niat baik dan keikhlasan dengan sempurna. Semoga dengan keikhlasan mendapat balasan dari Allah SWT. Penulis mengharapkan dengan adanya Tugas Akhir ini mampu memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya

Pada penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan hanyalah milik Allah SWT dan kekurangan datang dari penulis. Dalam hal ini penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan ilmu, pengalaman dan pengetahuan penulis dalam

proses pembuatan Tugas Akhir ini, maka dari itu untuk penyempurnaan Tugas Akhir ini penulis mengharapkan kritikan dan saran kepada semua pihak yang sifatnya membangun.

Pekanbaru, 19 Desember 2019

Fachrur Rozi



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 LatarBelakang.....	I-1
1.2 RumusanMasalah.....	I-4
1.3 TujuanPenelitian	I-4
1.4 BatasanMasalah	I-4
1.5 ManfaatPenelitian	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Study</i> Literatur	II-1
2.2 Landasan Teori	II-4
2.2.1 Konduksi.....	II-4
2.2.2Konveksi	II-5
2.2.2.1 Jenis Jenis Konveksi	II-5
2.2.2.2 Bilangan Tak Berdimensi.....	II-6
2.2.3Radiasi.....	II-7
2.3 <i>Photovoltaic</i> (PV).....	II-8
2.3.1Karakteristik PV	II-9
2.3.2Jenis-Jenis PV	II-9
2.3.2.1 <i>Monocrystalline Silicon</i>	II-9

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3.2.2	<i>Poly Crystalline</i>	II-10
2.3.2.3	<i>Thin Film Photovoltaic</i>	II-10
2.3.2	Faktor Kinerja PV	II-10
2.4	<i>Building Integrated Photovoltaic</i> (BIPV).....	II-12
2.5	Persamaan Matematika BIPV	II-16
2.6	Bangunan Hemat Energi	II-17
2.6.1	Energi Pasif.....	II-18
2.6.1.1	Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total (U)	II-18
2.6.1.2	<i>Persamaan Penghematan Energi</i>	II-19
2.6.1.3	<i>Overall Thermal Transfer Value</i> (OTTV)	II-21
2.6.2	Energi Aktif	II-22
2.6.2.1	<i>Efisiensi Energi Sel PV dan Daya Listrik PV</i>	II-22
2.7	Penyelesaian Metode Matematika	II-22
2.7.1	Metode <i>Numeric</i>	II-22
2.7.1	Metode <i>Analitic</i>	II-23
2.7.1	Metode <i>Experiment</i>	II-23
2.8	Pemodelan	II-23
2.9	<i>Comsol Multiphysic 5.3a</i>	II-24
BAB III METODELOGI PENELITIAN		
3.1	Alur Proses Penelitian.....	III-1
3.2	Tahap Perencanaan	III-3
3.2.1	Identifikasi Masalah.....	III-3
3.2.2	Rumusan Masalah	III-3
3.2.3	Tujuan.....	III-4
3.2.4	Manfaat	III-4
3.3	<i>Study</i> Literatur	III-4
3.4	Pengumpulan Data BIPV.....	III-4
3.5	Model BIPV	III-5
3.6	Melakukan Simulasi	III-5
3.6.1	Pemrosesan Awal.....	III-6
3.6.2	Perhitungan Numerik	III-10
3.6.3	Pemrosesan Akhir	III-10
3.6	Validasi	III-10

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

BAB IV

3.6.1 Pengertian	III-10
3.6.2 Analisis	III-10
3.6.2.1 Energi Pasif	III-11
3.6.2.1 Energi Aktif	III-11

HASIL DAN ANALISA

4.1 Data Historis	IV-1
4.1.1 Data Konstruksi Bangunan	IV-1
4.1.2 Data Radiasi Matahari pada Bangunan	IV-2
4.1.3 Data Temperatur	IV-4
4.1.4 Kecepatan Angin	IV-4
4.1.5 Tekanan	IV-5
4.1.6 Data Spesifikasi <i>Monocrystalline Silicon</i>	IV-6
4.2 Model BIPV	IV-7
4.3 Validasi	IV-8
4.4 Hasil Simulasi BIPV	IV-10
4.5 Temperatur Sel PV	IV-11
4.6 Efisiensi Sel PV	IV-11
4.7 Daya Listrik BIPV	IV-19
4.7.1 Jumlah PV Terpasang	IV-19
4.7.2 Daya Listrik BIPV	IV-23
4.7.3 Hasil Simulasi BIPV	IV-23
4.8 Analisis Energi Aktif	IV-24
4.9 Nusselt Number	IV-25
4.10 Perhitungan nilai koefisien Heat Transfer (h) dan Resitansi Termal (R)	IV-26
4.11 Perhitungan nilai Koefisien Heat Transfer Total (U)	IV-27
4.12 Perhitungan nilai Pengurangan Panas Ruangan (Qw)	IV-27
4.13 Perhitungan nilai Rasio Pengurangan Panas Bangunan (η)	IV-29
4.14 Perhitungan nilai Overall Thermal Transfer Value (OTTV)	IV-31

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	V-1
5.2 Saran	V-2

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

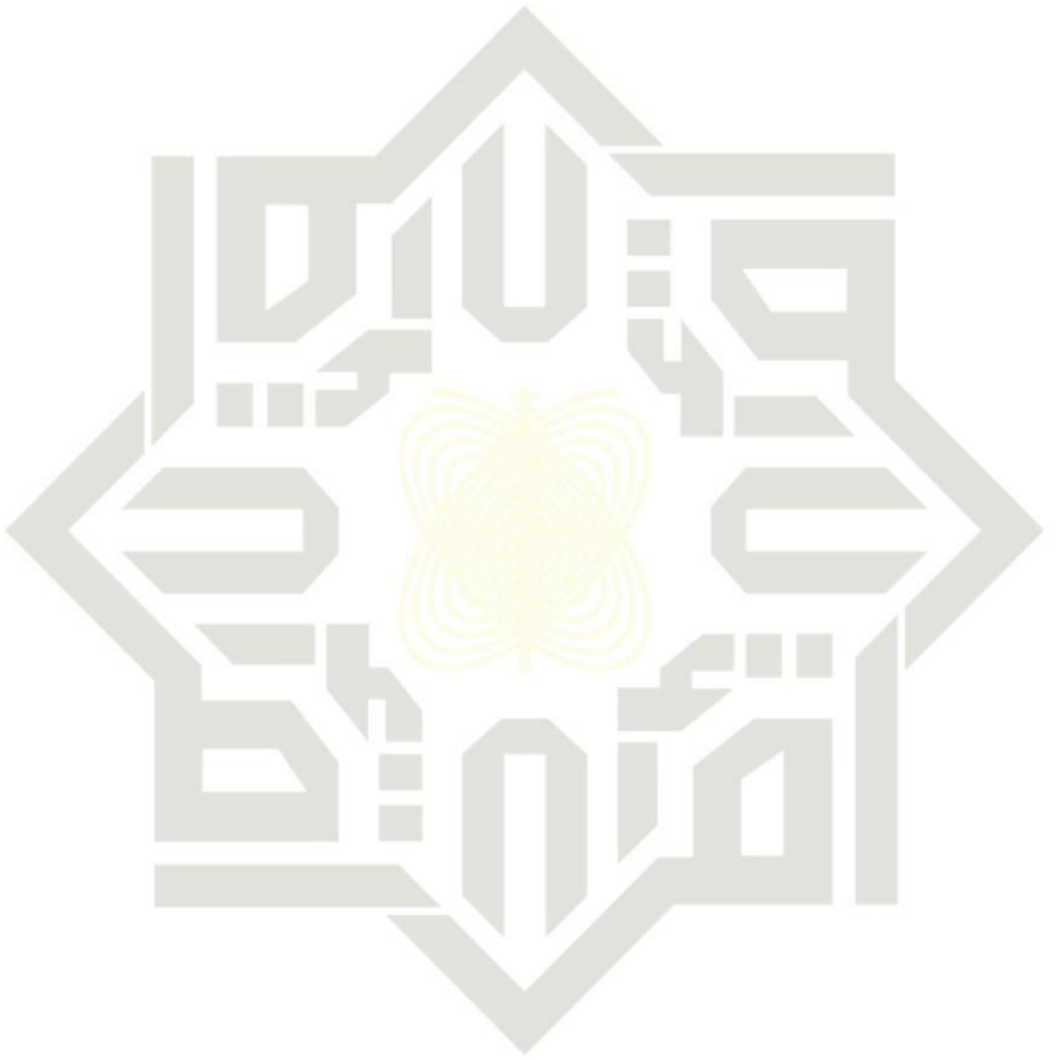
LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU

DAFTAR GAMBAR

	Gambar	Halaman
2.1	Diagram dari sebuah potongan Sel Surya	II-8
2.2	Grafik I-V <i>Curve</i>	II-11
2.3	<i>Effect of Cell Temperature on Voltage(V)</i>	II-11
2.4	Penerapan BIPV pada dinding bangunan di Jerman	II-13
2.5	BIPV <i>façade</i> di Paris	II-14
2.6	BIPV <i>Windows</i> di Barcelona	II-15
2.7	BIPV <i>Roof</i> di Jerman	II-15
3.1	Alur Penelitian	III-1
3.2	Peta Rektorat UIN Suska Riau	III-3
3.3	Alur Simulasi	III-6
3.4	Pemilihan <i>Space Dimension</i>	III-7
3.5	Pemilihan Sub Modul <i>Fluid Flow</i> dan <i>Heat Transfer</i>	III-7
3.6	Kolom tabel pada <i>Comsol Multiphysic</i>	III-8
3.7	Model <i>Geometry</i> BIPV pada <i>Comsol Multiphysic</i>	III-8
3.8	Material BIPV	III-9
3.9	Jaring-jaring <i>Mesh</i>	III-9
4.1	Grafik Temperatur Pekanbaru	IV-4
4.2	Grafik Kecepatan Angin di Pekanbaru (m/s)	IV-5
4.3	Data Tekanan Udara di Pekanbaru (Pa)	IV-6
4.4	Model BIPV	IV-7
4.5	Hasil Compute Model BIPV	IV-8
4.6	Kecepatan Angin pada Jurnal	IV-9
4.7	Kecepatan Angin Hasil Pemodelan	IV-8
4.8	Hasil Kecepatan Angin pada Pemodelan BIPV	IV-10

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

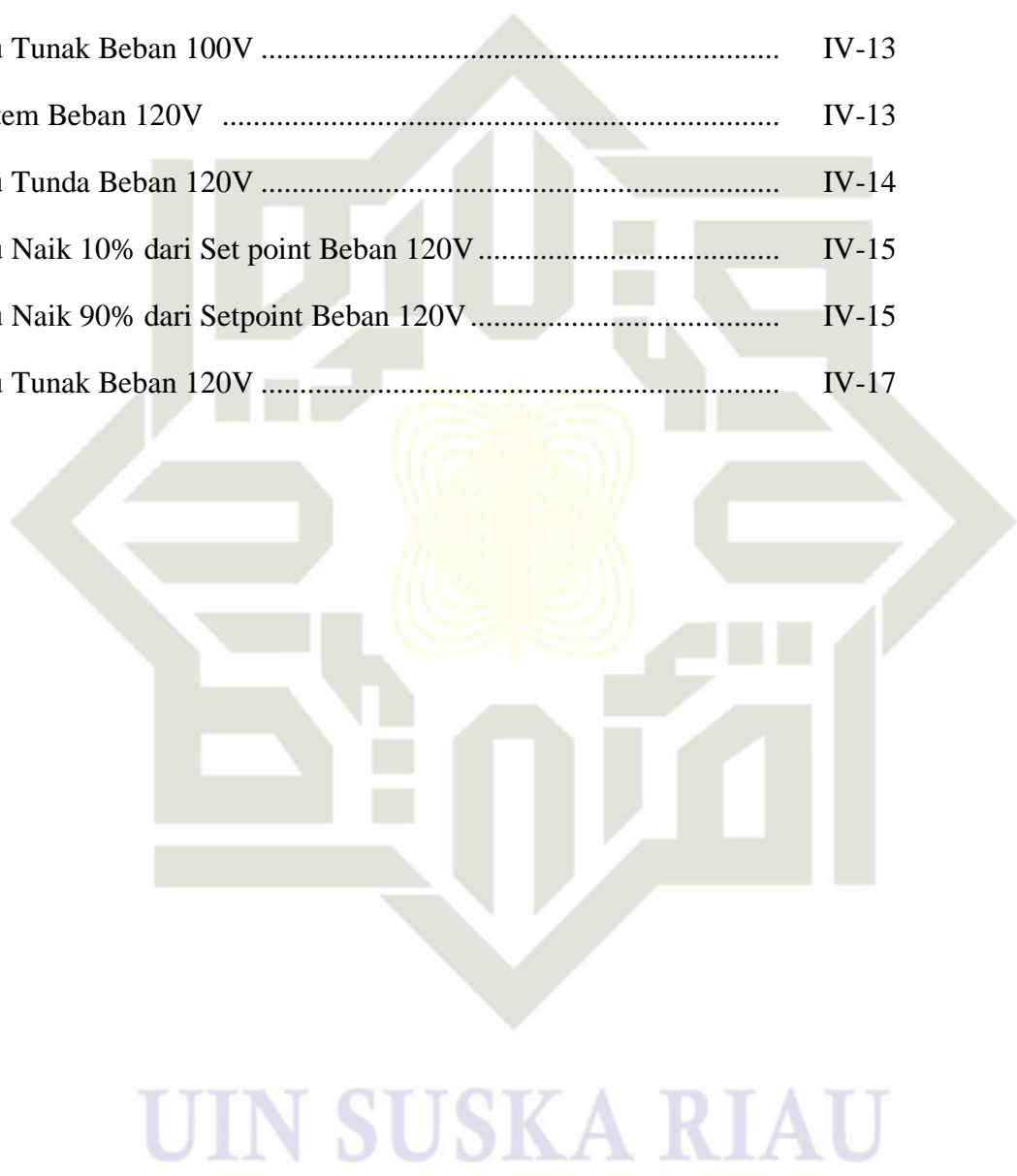
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p> <p>Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang</p>	<p>4.9 Hasil Temperatur pada Pemodelan BIPV IV-10</p> <p>4.10 Rektorat Bagian Depan IV-20</p> <p>4.11 Rektorat Bagian Belakang..... IV-21</p> <p>4.12 Rektorat Bagian Kanan IV-22</p> <p>4.13 Grafik nilai OTTV..... IV-34</p> <p>4.14 Data Waktu Tunak Beban 100V IV-13</p> <p>4.15 Respon Sistem Beban 120V IV-13</p> <p>4.16 Data Waktu Tunda Beban 120V IV-14</p> <p>4.17 Data Waktu Naik 10% dari Set point Beban 120V..... IV-15</p> <p>4.18 Data Waktu Naik 90% dari Setpoint Beban 120V IV-15</p> <p>4.20 Data Waktu Tunak Beban 120V IV-17</p>
---	---



DAFTAR TABEL

	Tabel	Halaman
4.1	Sifat Material	IV-1
4.2	Radiasi Matahari	IV-2
4.3	Spesifikasi <i>Monocrystalline silicon</i> 100WP	IV-6
4.4	Nilai temperatur Sel PV Orientasi Barat.....	IV-11
4.5	Nilai Efisiensi Sel PV.....	IV-12
4.6	Nilai temperatur Sel PV Orientasi Timur	IV-13
4.7	Nilai Efisiensi Sel PV.....	IV-14
4.8	Nilai temperatur Sel PV Orientasi Utara	IV-15
4.9	Nilai temperatur Sel PV	IV-16
4.10	Nilai temperatur Sel PV Selatan	IV-17
4.11	Nilai Efisiensi Sel PV.....	IV-18
4.12	Nilai Efisiensi Energi Sel PV Gedung Rektorat UIN Suska Riau	IV-18
4.13	Luas Area PV	IV-22
4.14	Daya Listrik BIPV	IV-23
4.15	Energi Aktif	IV-24
4.16	Nilai <i>Nusselt Number</i>	IV-25
4.17	Perhitungan Nilai koefisien <i>Heat Transfer</i> (h)	IV-26
4.18	Nilai Pengurangan Panas (Q_w).....	IV-29
4.19	Nilai Rasio Pengurangan Panas pada Bangunan(η)	IV-30
4.20	Nilai Variabel OTTV	IV-31
4.21	Nilai OTTV.....	IV-33

© Hak cipta akademik UIN Suska Riau State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SINGKATAN

BIPV	=	<i>Building Intergrated Photovoltaic</i>
PV	=	<i>Photovoltaic</i>
OTTV	=	<i>Overall Thermal Transfer Value</i>
AC	=	<i>Air Conditioner</i>
LED	=	<i>Light Emitting Diode</i>
KBI	=	Kawasan Barat Indonesia
KTI	=	Kawasan Timur Indonesia
STC	=	<i>Standard Test Condition</i>
PLN	=	Perusahaan Listrik Negara
CdTe	=	<i>CadmiumTelluride</i>
CIGS	=	<i>CopperIndiumGalliumselenide</i>
BBM	=	Bangunan Hemat Energi
FEM	=	<i>Finite Element Method</i>

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia masih sangat tinggi sampai saat ini dari tahun ketahun. Hasil Sensus Penduduk (SP) tahun 2010 menunjukkan kenaikan laju pertumbuhan penduduk Indonesia dari 1,45% pada periode 1990-2000 menjadi 1,49 % pada periode 2000-2010. Jumlah penduduk Indonesia sebesar 261.890.90 jiwa pada tahun 2017 dan diproyeksikan mencapai 265.015.30 jiwa pada tahun 2018[1]. Hal ini berbanding lurus dengan meningkatnya kebutuhan konsumsi energi listrik di Indonesia, karena semakin bertambah jumlah penduduk, kebutuhan akan energi akan semakin meningkat. Total permintaan energi pada tahun 2015 mencapai 106,58 GW[2]. Permintaan energi Nasional diprediksi akan terus mengalami peningkatan konsumsi pesat pada tahun 2050 permintaan energi mencapai 1.086,97 GW [3].

Konsumsi listrik di Indonesia pada kurun waktu tahun 2002-2012 meningkat dari 79 TWh pada tahun 2000 menjadi 174 TWh pada tahun 2012 atau meningkat rata-rata 6,78% pertahun. Pada tahun 2000 pemanfaatan listrik di sektor industri adalah sebesar 42,9% diikuti oleh sektor rumah tangga 38,6%, kemersial 18,4% dan transportasi 0,1%. Padahal pada tahun 2012 pemanfaatan listrik terbesar adalah sektor rumah tangga 41,5% diikuti sektor industri 34,6%, komersial 23,9%, dan transportasi 0,1%. Sektor komersial mengalami pertumbuhan terbesar yang mencapai 9,12% pertahun, diikuti sektor transportasi 7,77%, sektor rumah tangga 7,42%, dan sektor industri 4,87%. Tingginya laju pertumbuhan konsumsi listrik di sektor kemersial karena berkembangnya pembangunan rumah sakit, hotel, restoran, perkantoran dan fasilitas umum lainnya yang membutuhkan listrik dalam operasi kegiatannya[4]. Salah satu contoh bangunan perkantoran ini adalah Rektorat UIN SUSKA RIAU, yang merupakan gedung paling besar mengkonsumsi energi listrik diantara seluruh gedung yang berada dilingkungan UIN SUSKA RIAU baik gedung fakultas maupun non fakultas. Dengan konsumsi energi listrik senilai 1208,1 KWh atau 33% dari total konsumsi listrik dalam 1 tahun. Berdasarkan nilai dari audit yang dilakukan diperoleh Intenstas Konsumsi Energi (IKE) gedung rektorat senilai 4,10 KWh/m²/bulan. Konsumsi energi listrik terbesar adalah pada AC (*Air Conditioner*) sebesar 70%[5].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pemakaian energi listrik terbesar bangunan gedung Rektorat didominasi oleh penggunaan AC dimana secara keseluruhan pada gedung tersebut menggunakan AC jenis split dengan kapasitas AC sebesar 1464,37 W/h sampai dengan 5271,75 W/h. Sedangkan pada lantai lima menggunakan AC *Standing floor* yang bermerek Panasonic dengan kapasitas sebesar 8200,45 W/h ditambah dengan AC jenis Split berkapasitas 7028,99 W/h. Rata-rata AC beroperasi selama Sembilan jam, AC dinyalakan pada pukul 07.00 WIB dan dinonaktif pada pukul 16.00 WIB[5].

Untuk mengurangi konsumsi energi bangunan gedung UIN Suska Riau sudah pernah dilakukan penelitian dengan judul ‘Efisiensi Energi dari Aspek Selubung Bangunan Studi Kasus Gedung Rektorat UIN Suska Riau’. Pada penelitian ini, untuk mengurangi beban pemakaian konsumsi energi listrik, metode yang dilakukan adalah dengan melakukan kegiatan konservasi energi. Kegiatan konservasi energi yang dilakukan berupa penataan untuk pengkondisian udara dalam ruangan agar sesuai dengan kebutuhan AC, penataan letak bola lampu, penggantian bola lampu dengan lampu LED yang lebih hemat energi, merancang peneduh. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah nilai OTTV rata-rata pada setiap orientasi bangunan melebihi nilai batas maksimal sebesar 52%. Penataan untuk pengkondisian udara dalam ruangan agar sesuai dengan kebutuhan AC. Kondensor AC harus ditempatkan dibawah peneduh agar terhindar dari panas matahari yang melebihi batas maksimal 43°C[5].

Pada penelitian ini, menawarkan metode yang berbeda dalam mengatasi besarnya konsumsi energi listrik. Adapun metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan pemodelan *Building Integrated Photovoltaic* (BIPV). Dengan melakukan pemodelan maka kita bisa memprediksi output yang dihasilkan BIPV, karena untuk penelitian ini tidak memungkinkan dilakukan secara eksperimen. Pemodelan ini akan dilakukan pada dinding bangunan dimana BIPV dapat diterapkan dengan mengintegrasikan PV dengan bagian bangunan baik itu di *façade*, atap, ataupun jendela tanpa merubah struktur bangunan. Pada penelitian ini, dengan menerapkan BIPV maka akan didapatkan energi pasif dan energi aktif. Adapun energi pasif yang dihasilkan pada penelitian ini berupa koefisien *heattransfer* (h), koefisien *heattransfer* total (U), nilai pengaliran panas (Q_w), dan mendapatkan nilai OTTV pada bangunan Rektorat UIN Suska Riau. Sedangkan energi pasif yang dihasilkan adalah efisiensi energi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan BIPV.

1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gedung Rektorat UIN Suska Riau memiliki luas 7.260m² yang terdiri dari 5 lantai[5]. Gedung terdiri dari bagian *façade*, atap, dan jendela. Dengan luas dinding mencapai 127,9 m² di Timur, 137,18 m² di Barat, 112,3 m² di Utara, 112,3 m² di Selatan. Sedangkan luas bukaan kaca terdiri dari 203,42 m² di Timur, 203,34 m² di Barat, 162,7 m² di Utara, 168,2 m² di Selatan. Dimana *façade* disini berfungsi secara pasif. Fungsi secara pasif maksudnya adalah bagian bangunan tersebut hanya sebagai pelindung bangunan dari energi panas yang masuk kebangunan oleh sinar matahari. Selain berfungsi secara pasif bagian bangunan tersebut dapat berfungsi secara aktif, yaitu dengan mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan PV[5].

Dengan dinding bangunan yang luas, maka dengan BIPV dinding dapat dimanfaatkan sebagai lokasi yang potensial untuk instalasi PV sebagai sumber energi listrik. Dengan demikian, dinding yang luas maka PV yang dipasang akan lebih banyak dibandingkan jika dipasang pada atap. Semakin banyak PV yang bisa dipasang maka semakin besar peluang menghasilkan energi listrik dari penerapan BIPV.

Selubung bangunan dapat digunakan sebagai salah satu tempat instalasi PV dalam rangka penerapan BIPV. BIPV berventilasi merupakan strategi desain dapat dicapai melalui desain double-kulit, yang dikenal sebagai cara yang efektif untuk mengurangi panas sebuah bangunan[6]. Dengan konsep ventilasi maka akan mengurangi panas pada PV akibat panas matahari sehingga meningkatkan efisiensi. Seperti pada penelitian [6] dengan judul “*Energy Saving Evaluation BIPV Walls*” dimana pada penelitian ini dilakukan simulasi sistem BIPV ventilasi pada dinding bangunan. Dalam penelitian ini mereka mendapatkan penghematan energi dan mengurangi emisi CO₂ pada bangunan dengan menggunakan asumsi tiga kecepatan angin. Dengan kecepatan angin di luar ruangan 0,5 m/s, 1,0 m/s, dan 2,0 m/s, dengan 2,85 m² ukuran ventilasi dinding BIPV dan mampu menyimpan 3,8-4,1 kWh, 4,3-5,7 kWh dan 8,5-10,7 kWh setiap hari dan mengurangi 70-76 kg, 80-107 kg, dan 160-201 kg emisi CO₂ masing-masing setiap bulan.

Dari penjelasan diatas bahwa untuk mengatasi permasalahan dalam konsumsi energi listrik pada bangunan gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU, maka instalasi BIPV perlu dilakukan. Pada penelitian kali ini penulis ingin melakukan pemodelan dengan menerapkan BIPV pada bangunan. Pemodelan BIPV bangunan gedung UIN Suska Riau ini dilakukan pada bagian *façade* bangunan menggunakan *Comsol Multiphysic 5.3a*. Pemodelan BIPV dibuat secara ventilasi, dimana dengan adanya ventilasi akan ada aliran udara. Aliran udara pada ventilasi ini merupakan aliran turbulen. Dari hasil pemodelan tersebut akan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dihasilkan temperatur sel PV dan nilai *nusseltnumber*. Dimana temperatur sel PV dan nilai *nusseltnumber* yang digunakan untuk menganalisis energi aktif dan pasif. Adapun yang dikategorikan energi aktif disini adalah analisis efisiensi energi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan PV. Sedangkan yang dikategorikan energi pasif disini adalah nilai pengurangan panas yang masuk keruangan (Q_w), dengan cara menggunakan nilai koefisien *heat transfer* (h) untuk mendapatkan nilai koefisien *heat transfer* total (U), setelah didapatkan nilai U maka nilai Q_w akan didapatkan. Selain itu analisis energi pasif yang dilakukan adalah menghitung nilai OTTV setelah penerapan BIPV pada bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau, dan analisis terakhir pada energi pasif adalah perhitungan rasio pengurangan panas dalam ruangan (η).

Oleh karena itu penulis tertarik untuk melakukan sebuah penelitian yang berjudul ” **Pemodelan Sistem *Building Intagrated Photovoltaic (BIPV)* (Studi kasus Gedung Rektorat UIN Suska Riau)** ”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana menghasilkan pemodelan BIPV di gedung Rektorat UIN Suska Riau?
2. Bagaimana menganalisis energi aktif yang dihasilkan sistem BIPV di gedung Rektorat UIN Suska Riau?
3. Bagaimana menganalisis energi pasif yang dihasilkan sistem BIPV pada bangunan Rektorat UIN Suska Riau?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghasilkan pemodelan BIPV di gedung Rektorat UIN Suska Riau
2. Menganalisis energi aktif yang dihasilkan sistem BIPV di gedung Rektorat UIN Suska Riau.
3. Menganalisis energi pasif yang dihasilkan sistem BIPV di gedung Rektorat UIN Suska Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1.4

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Aliran fluida pada reservoir dianggap turbulen dan dalam keadaan *steady state*.
2. Permukaan PV dianggap tidak ada gangguan dari material apapun.
3. Nilai parameter temperatur inlet, radiasi matahari, kecepatan angin pada saat melakukan simulasi dengan *comsolmultiphysic 5.3a* menggunakan data skunder dari penelitian sebelumnya.
4. BIPV yang diterapkan hanya di *façade*, yaitu pada dinding bangunan Rektorat UIN Suska Riau
5. Analisis energi aktif BIPV pada bangunan Rektorat UIN Suska Riau meliputi variabel Efisiensi sel PV dan Daya listrik yang dihasilkan BIPV.
6. Analisis energi pasif BIPV pada bangunan Rektorat UIN Suska Riau meliputi variabel koefisien perpindahan panas total (U), pengurangan panas yang masuk keruangan (Q_w), rasio pengurangan panas pada bangunan (η), dan menghasilkannilai OTTV setelah instalasi BIPV.

1.5

Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang bisa didapatkan penelitian ini adalah:

1. Dalam bidang Akademis penelitian ini diharapkan menjadi tambahan referensi terhadap kajian *Photovoltaic (PV)*.
2. Penelitian ini diharapkan bermanfaat bagi pemerintah maupun masyarakat untuk bisa menerapkan sistem PV demi melestarikan energi terbarukan.
3. Peneltian ini diharapkan dapat menjadi solusi bagi pemerintah untuk mengurangi konsumsi energi fosil dan mengganti dengan energi terbarukan.
4. Penelitian ini bermanfaat untuk gerakan pengurangan pemanasan global.
5. Penelitian ini bisa digunakan sebagai rekomendasi penggunaan teknologi baru dalam hal PLTS di UIN Suska Riau.

1 Study Literatur

Penelitian tugas akhir ini akan dilakukan *study* literatur yang merupakan pencarian referensi yang relevan dengan permasalahan yang akan di selesaikan baik dari buku, artikel dan jurnal yang berkaitan. Penelitian terkait *Building Intergrated Photovoltaic* (BIPV).

Pada penelitian yang berjudul *Energy Saving Evaluation BIPV Walls*, dimana pada penelitian ini dilakukan pemodelan sistem BIPV berventilasi pada dinding bangunan. Dalam penelitian ini mereka mendapatkan penghematan energi dan mengurangi emisi CO₂ pada bangunan dengan menggunakan asumsi tiga kecepatan angin. Dengan kecepatan angin di luar ruangan 0,5 m/s, 1,0 m/s, dan 2,0 m/s, dengan 2,85 m² ukuran ventilasi dinding BIPV dan mampu menyimpan 3,8-4,1 kWh, 4,3-5,7 kWh dan 8,5-10,7 kWh setiap hari dan mengurangi 70-76 kg, 80-107 kg, dan 160-201 kg emisi CO₂ masing-masing setiap bulan [6].

Pada penelitian yang berjudul *Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System*, dimana pada penelitian ini membahas tentang perhitungan dari instalasi BIPV dengan model yang telah dibuat baik itu menganalisa *saving energy, analisis thermal*, dan lainnya menggunakan metode mumerik dan didukung metode eksperimen. Dimana hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah kecepatan aliran rata-rata 0,4 m / s dan 1 m / s dari BIPV sesuai dengan penurunan tekanan masing-masing 0,3 Pa dan 2 Pa. Suhu udara intake diatur ke 0 °C dan kecepatan udara rata-rata 0,5 m /s. Rata-rata konvektif koefisien perpindahan panas dihitung menjadi 5,8 W / m²K untuk panel PV dan 8,6 W / m²K, untuk rata-rata isolasi dari keduanya adalah 7,1 W / m²K. Koefisien perpindahan panas divalidasi untuk rentang kecepatan dari 0,3 m / s ke 0,6 m / s dan suhuambien dari -10 °C hingga 10 °C[7].

Dalam penelitian yang berjudul *Thermal Analysis of Building Intergrated Photovoltaic (BIPV) System*, dimana pada penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perilaku termal sistem BIPV untuk memutuskan apakah ventilasi alami dari udara di belakang PV cukup untuk mendinginkan dan membuang kelebihan panas. Pemeriksaan efek dari celah udara dari sistem BIPV serta kemiringan sistem atau jumlah radiasi matahari adalah parameter yang

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

sangat penting karena mereka dapat menyebabkan efek yang lebih baik dari kondisi untuk memungkinkan efisiensi yang lebih tinggi dari panel PV dan efisiensi meningkat dari sistem BIPV. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dan didapatkan hasil bahwa suhu yang ditangkap setaip wilayah tidak sama, kulit kedua sebuah bangunan tidak terpengaruh oleh suhu PV, semakin tinggi celah udara maka efisiensi semakin tinggi, dan sistem dalam posisi vertikal memungkinkan sirkulasi udara baik dengan suhu PV lebih rendah sebesar 30°C. Dari tiga plot kontur distribusi suhu PV untuk BIPV untuk 90°, 30° dan 45° kemiringan. Didapat pada distribusi suhu PV untuk 30° memiliki suhu tertinggi pada bagian atas PV (60°C), dan kemudian 45° (51°C), sedangkan suhu yang lebih rendah diamati dalam plot yang tersisa untuk sistem dalam posisi vertikal (45°C). Karena sistem berkembang suhu yang lebih rendah di posisi 90°, berarti dapat bekerja lebih efisien dalam kondisi ini[8].

Pada penelitian yang berjudul *BIPV Merging The Photovoltaic with The Construction*, dimana pada penelitian ini menunjukkan bahwa BIPV adalah teknologi yang benar-benar menawarkan kesempatan untuk merancang suatu inovasi yang tepat untuk digabungkan dengan struktur bangunan. Tujuan pada penelitian ini adalah menjelaskan bahwa produk BIPV mampu untuk membuat solar facade, skylight, jendela, dan atap dalam memperbanyak pilihan desain dari arsitek dan bekerja pada elemen arsitektur sebagai sarana multi fungsi yang menyediakan banyak layanan di luar pembangkit listrik. Penggunaan PV facade akan memanfaatkan energi berkonsentrasi cahaya matahari di sisi tepi bangunan, dengan sel surya yang terletak di sekitar sisi tepi bangunan maka ada peningkatan 40 kali lipat dalam daya listrik yang diperoleh dari masing-masing sel surya berkat penggunaan cahaya yang terfokus[9].

Penelitian yang berjudul *Development of building integrated photovoltaic (BIPV) system with PV ceramic tile and its application for building façade*, dimana pada penelitian ini sistem BIPV menggunakan keramik dalam konstruksi bangunan terintegrasi. Sel surya berbasis monocrystalline dilaminasi antara kaca temper dan ubin keramik yang dikembangkan menjadi bagian depan gedung. Pertama, sifat listrik, optik, dan termal dari modul PV yang diusulkan dievaluasi. Kemudian, uji hambatan angin disimulasikan untuk mengevaluasi kelayakan instalasi di Taiwan di mana angin topan sering terjadi. Akhirnya, pembangkit listrik dari sistem BIPV yang diusulkan dengan kapasitas daya listrik 1 kWp yang dipasang di rumah demonstrasi dilakukan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pembangkit listrik

dalam gedung rektorat dihasilkan oleh lampu sebesar 4,260 BTU/h. Nilai OTTV pada seluruh bangunan gedung rektorat melebihi batas maksimal standard dengan hasil sebesar 52 Watt/m². Efisiensi yang ditawarkan terdiri dari penataan ulang untuk pengkondisian udara dalam ruangan. Kondensor AC ditempatkan dibawah peneduh, penataan dan penggantian lampu dengan LED, serta menambah peneduh eksternal pada luar gedung [5].

Dari beberapa penelitian yang telah disebutkan diatas terdapat beberapa kelebihan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan memilih beberapa metode terbaik dan menyesuaikan dengan kondisi lingkungan dan bangunan yang ada agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Model yang digunakan pada penelitian ini adalah model BIPV berventilasi dari penelitian [7]. Pemodelan BIPV akan dilakukan validasi menggunakan penelitian [7], namun pada penelitian BIPV diterapkan di bangunan Rektorat UIN Suska sehingga material lapisan yang digunakan adalah material bangunan tersebut. Pada penelitian ini studi kasus yang diambil sama dengan studi kasus yang dilakukan pada penelitian [5] namun metode yang dilakukan berbeda. Dimana pada penelitian [5] metode yang digunakan adalah konservasi energi sedangkan pada penelitian ini adalah pemodelan BIPV. Pada perhitungan energi pasif yang akan dilakukan adalah perhitungan energi pasif menggunakan penelitian [6], namun pada penelitian ini tidak hanya menghitung energi pasif tapi juga menghitung energi aktif.

Pemodelan BIPV bangunan gedung UIN Suska Riau ini dilakukan pada bagian *façade* bangunan menggunakan *Comsol Multiphysics 5.3a*. Pemodelan BIPV dibuat secara ventilasi, dimana dengan adanya ventilasi akan ada aliran udara. Aliran udara pada ventilasi ini merupakan aliran turbulen. Dari hasil pemodelan tersebut akan dihasilkan temperatur sel PV dan nilai *nusselt number*. Dimana temperatur sel PV dan nilai *nusselt number* yang digunakan untuk menganalisis energi aktif dan pasif. Adapun yang dikategorikan energi aktif disini adalah analisis efisiensi energi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan PV. Sedangkan yang dikategorikan energi pasif disini adalah nilai pengurangan panas yang masuk ke ruangan (Q_w), dengan cara menggunakan nilai koefisien *heat transfer* (h) untuk mendapatkan nilai koefisien *heat transfer* total (U), setelah didapatkan nilai U maka nilai Q_w akan didapatkan. Selain itu analisis energi pasif yang dilakukan adalah menghitung nilai OTTV setelah penerapan BIPV pada bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau, dan analisis terakhir pada energi pasif adalah perhitungan rasio pengurangan panas dalam ruangan (η).

Hak Cipta Ditertarikhkan oleh UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*Heat Transfer*) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal 3 (tiga) proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi

2.2.1 Konduksi

Konduksi adalah proses perpindahan suatu kalor dari suatu bagian benda padat atau material ke bagian lainnya. Perpindahan kalor secara konduksi dimana molekul-molekul logam yang diletakkan di atas nyala api membentur molekul-molekul yang berada di dekatnya dan memberikan sebagian panasnya. Molekul-molekul terdekat kembali membentur molekul molekul terdekat lainnya dan memberikan sebagian panasnya, dan begitu seterusnya di sepanjang bahan sehingga suhu logam naik. Jika padatan adalah logam, maka perpindahan energi kalor dibantu oleh elektron-elektron bebas, yang bergerak diseluruh logam, sambil menerima dan memberi energi kalor ketika bertumbukan dengan atom-atom logam. Dalam gas, kalor dikonduksikan oleh tumbukan langsung molekul-molekul gas [11].

Joseph Fourier adalah salah seorang yang mempelajari proses perpindahan panas secara konduksi. Pada tahun 1822, Joseph Fourier telah merumuskan hukumnya yang berkenaan dengan konduksi. Banyak faktor yang mempengaruhi peristiwa konduksi. Diantaranya pengaruh luas penampang yang berbeda, pengaruh luas penampang yang berbeda, pengaruh geometri, pengaruh permukaan kontak, pengaruh adanya insulasi dan lain-lainnya [11].

2.2.2 Konveksi

Bila fluida mengalir pada suatu benda padat atau mengalir di dalam suatu saluran sedangkan temperatur fluida dan permukaan benda padat berbeda, maka akan terjadi perpindahan panas antara fluida dan permukaan benda padat, sebagai akibat dari gesekan fluida relatif terhadap permukaan, mekanisme perpindahan panas seperti ini disebut perpindahan panas secara konveksi [12].

Apabila pergerakan fluida dilakukan dengan bantuan alat lain seperti kipas angin (*fan*) maka dinamakan perpindahan panas secara konveksi paksa. Jika pergerakan fluida terjadi



akibat efek mengambang (*buoyancy effect*) akibat perbedaan temperatur dalam fluida, perpindahan panas seperti ini dinamakan dengan perpindahan panas secara konveksi bebas[12].

Dalam aliran laminar fluida bergerak dalam bentuk lapisan-lapisan , masing-masing partikel fluida mengalir mengikuti lintasan dengan lancar dan kontinu. Partikel-partikel fluida berada dalam urutan yang teratur pada setiap lapisan. Perpindahan panas antara pelat dan fluida terjadi secara konduksi molekuler dalam fluida[12].

Pada aliran turbulen fluida bergerak secara acak serta tidak teratur , menghasilkan pencampuran silang atau pusaran yang membawa gumpalan-gumpalan fluida melintasi garis-garis aliran. Partikel-partikel ini berperan sebagai pembawa energi dan pemindah energi dengan cara bercampur dengan partikel-partikel lain dari fluida tersebut. Oleh karena itu kenaikan laju pencampuran akan menaikkan laju aliran panas dengan cara konveksi[12].

2.2.2.1 Jenis-jenis Konveksi

Adapun jenis-jenis Konveksi sebagai berikut:

1. Konveksi Bebas (*free convection*) yaitu perpindahan panas jika gerakan fluida berlangsung semata-mata sebagai akibat dari perbedaan kerapatan yang disebabkan gradien temperatur.
2. Konveksi paksa (*forced convection*) yaitu perpindahan panas jika fluida digerakan oleh alat tertentu.
3. Konveksi campuran (*mixture convection*) yaitu perpindahan panas gabungan dari kondisi konveksi bebas dengan konveksi paksa.

2.2.2.2 Bilangan tak Berdimensi

Bilangan tak berdimensi terbagi atas tiga, yaitu:

1. Bilangan Reynold, merupakan bilangan rasio antara gaya inersia terhadap gaya viskos yang menghubungkan kedua gaya tersebut dengan suatu kondisi aliran tertentu. Bilangan ini digunakan untuk mengidentifikasikan untuk mengetahui jenis aliran fluida, apakah itu leminar, turbulen, ataupun transisi. Bilangan reynold dapat dihitung menggunakan persamaan berikut[13].

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

2.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$Re = \frac{\rho u d}{\mu} \tag{2.1}$$

Keterangan :

Re = Bilangan Reynold

ρ = densitas (kg/m³)

u = kecepatan Fluida (m/s)

d = diameter (m)

μ = viskositas

Bilangan Nusselt, merupakan jenis bilangan tak berdimensi yang menunjukkan proses perpindahan panas pada dinding pipa atau pada lapisan batas. Bilangan Nusselt dapat dihitung menggunakan persamaan berikut[13]:

$$Nu = \left(\frac{h \times l}{K} \right) \tag{2.2}$$

Keterangan :

Nu = Bilangan Nusselt

l = diameter pipa (m)

K = konduktifitas termal(W / m ° C)

h = koefisien perpindahan panas konveksi (W / m² ° C)

3.

Bilangan Grasof, merupakan jenis bilangan tak berdimensi yang menunjukkan gaya angkat (*bouyant*) yang terjadi pada zat cair, ini disebabkan oleh perbedaan berat jenis sehingga terjadi konveksi secara alami. Bilangan grasof dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut[13]:

$$Gr = \left[\frac{(\beta g d^3)}{v^2} \right] \Delta T \tag{2.3}$$

Keterangan :

Gr = bilangan grasof

β = koefisien pemuaian zat cair (1/°C)

v = viskositas kinematis (m²/jam)

ΔT = perbedaan temperatur (°C)

2.3 Radiasi

Radiasi merupakan proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain tanpa melalui medium. Dalam teori radiasi dijelaskan bahwa panas yang berpindah dari suatu benda ke benda lain dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik sehingga dalam proses perpindahannya tidak memerlukan medium sama sekali. Bahkan jika kedua benda tersebut dipisahkan oleh ruang hampa, panas akan tetap berpindah melalui pancaran gelombang elektromagnetik. Panas matahari yang sampai ke bumi merupakan salah satu contoh nyata bentuk perpindahan panas secara radiasi. Meskipun jarak antara matahari dan bumi sangat jauh serta dipisahkan oleh ruang hampa, panas matahari tetap dapat sampai ke bumi melalui pancaran [14].

Laju perpindahan panas radiasi suatu benda dipengaruhi oleh beberapa hal. Salah satu hal yang berpengaruh terhadap laju perpindahan panas secara radiasi adalah kondisi permukaan benda yang memancarkan dan menerima radiasi. Hal ini disebabkan karena sifat-sifat permukaan benda berpengaruh langsung terhadap emisivitas (daya pancar) benda tersebut. Dengan kata lain, kekasaran permukaan, pelapisan serta perlakuan permukaan terhadap suatu benda akan berpengaruh terhadap proses laju perpindahan panas yang terjadi antara dua benda yang bertukar panas [14].

2.3 Photovoltaic (PV)

Solar PV merupakan penghasil sumber energi listrik terbarukan yang sangat potensial digunakan di Indonesia mengingat Indonesia merupakan negara yang dilintasi garis katulistiwa, sehingga energi listrik yang dihasilkan dapat dalam jumlah yang besar. Berdasarkan data pengukuran pada 18 lokasi di Indonesia, potensi energi yang bisa didapatkan di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan tingginya energi per satuan luas dan rendahnya variasi energi ini, pemanfaatan energi matahari untuk dikonversi menjadi energi listrik memiliki potensi yang sangat tinggi [15].

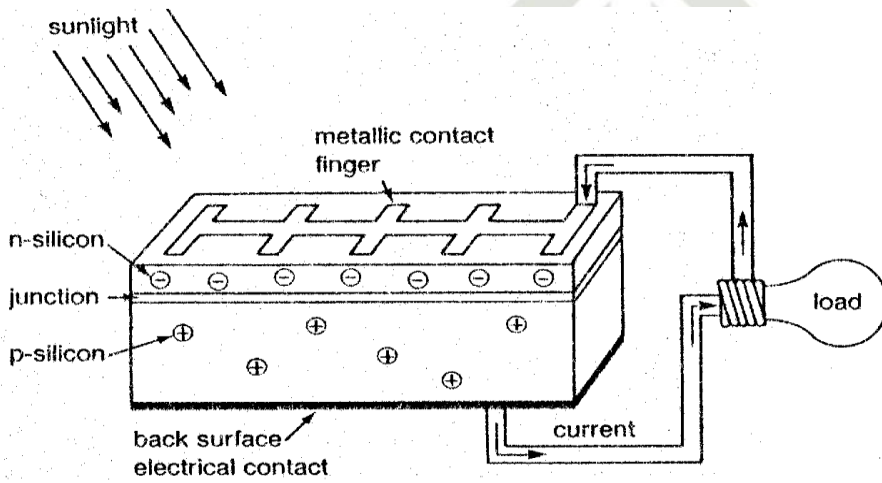
PV terdiri dari sejumlah sel surya yang dirangkai seri maupun paralel yang berguna untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan, sehingga cukup untuk pemakaian pada



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

beban. Komponen utama PV adalah modul urya yang merupakan unit rakitan beberapa sel surya.

Sel Surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon berperan sebagai isolator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Sebuah sel surya adalah sebuah diode yang terbentuk dari lapisan atas silikon tipe n (*silicon doping of "phosphorous"*), dan lapisan bawah silikon tipe p (*silicon doping of "boron"*)[16].



Gambar 2.1 Diagram dari sebuah potongan Sel Surya [16]

Sebuah proses yang menambahkan sejumlah bahan *phosphorous* dan buron ke bahan silikon murni, untuk menciptakan ketidak seimbangan antar atom silikon, *phosphorous* dan buron, sehingga menyebabkan terjadinya reaksi *photovoltaic*. (semikonduktor mempunyai atom yang berkategori 3, 4 & 5 elektron; sedangkan silikon = 4 elektron, *phosphorous* = 5 elektro, buron = 3 elektron)[17].

2.3.1 Karakteristik PV

Kapasitas daya dari sel atau modul surya dilambangkan dalam *wattpeak* (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian Internasional yaitu *Standard Test Condition*(STC). Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinarmatahari sebesar 1000 W/m² yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C ModulPV memiliki hubungan antara arus dan tegangan. Pada saat tahanan *variable* bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan *open circuit* (V_{oc}) [17].

Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variable bernilai nol (*short circuit*) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus *short circuit* (I_{sc}). Jika tahanan *variable* memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi [17].

2.3.2 Jenis-Jenis PV

2.3.2.1 Monocrystalline Silicon

Monocrystalline Silicon merupakan panel yang paling efisien yang dihasilkan dengan teknologi terkini & menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang memerlukan konsumsi listrik besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang sangat ganas. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

Monocrystalline Silicon dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Sekarang *Monocrystalline* dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24% [18].

2.3.2.2 Polycrystalline

Poly Crystalline merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena dipabriasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis *monocrystalline silicon* untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel suraya jenis ini memiliki efisiensi lebih rendah dibandingkan tipe *monocrystalline silicon* sehingga memiliki harga yang cenderung lebih murah.

Poly Crystalline dibuat dari peleburan silikon dalam tungkukeramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul di atas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibanding dengan sel *monocrystalline silicon* (efektivitas 18%) [18].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

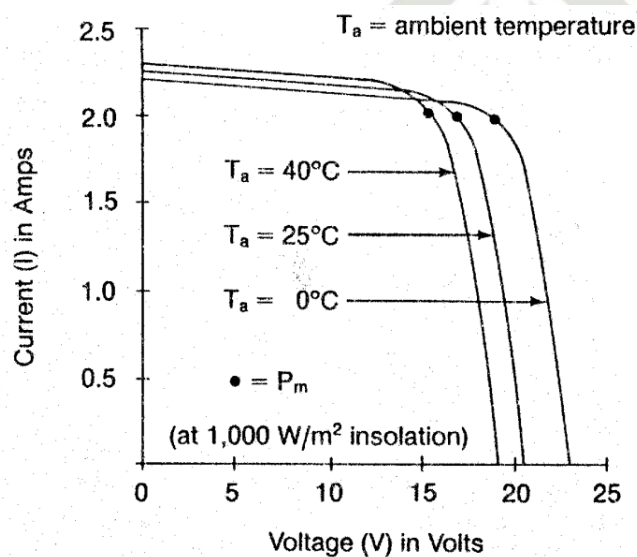
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengoperasian maksimum PV sangat tergantung pada:

Ambientairtemperature

Sebuah Sel Surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 25°C), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan tegangan (V_{oc}). Setiap kenaikan temperatur Sel Surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 10°C.



Gambar 2.3 Effect of Cell Temperature on Voltage(V)[16]

2. Radiasi cahaya matahari (*insolation*)

Radiasi solar matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. *Insolation* solar matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) sedikit pada tegangan (V).

3. Kecepatan angin

Kecepatan tiup angin disekitar lokasi PV array dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca PV array.

4. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari panel PV.

5. Orientasi panel atau *array* PV

Orientasi dari rangkaian PV (*array*) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tiltangle*) dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum.

6. Posisi letak sel surya (*array*) terhadap matahari (*tilt angel*)

Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka ekstra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap *sun altitude* yang berubah setiap jam dalam sehari)[16].

2.4 **BuildingIntegratedPhotovoltaic(BIPV)**

Building Integrated Photovoltaic(BIPV) adalah suatu teknologi baru yang memungkinkan untuk *Photovoltaic(PV)* terpasang pada bagian bangunan atau menjadi bagian konstruksi dari bangunan, seperti atap dan dinding. Sistem BIPV akan sangat membantu dalam penyediaan energi listrik untuk bangunan itu sendiri. Dengan adanya BIPV maka akan mengurangi pemakaian energi listrik dari lembaga seperti Perusahaan Listrik Negara(PLN) karena BIPV telah memproduksi energi listrik untuk bangunan.



Gambar 2.4 Penerapan BIPV pada dinding bangunan di Jerman [9]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Ada beberapa jenis integrasi tetapi umumnya dapat diklasifikasikan dalam dua kategori yaitu integrasi atap, dan integrasi *façade*. Integrasi dalam *façade* bangunan harus diprioritaskan terutama karena daerah terkena tersedia untuk radiasi matahari yang biasanya lebih besar dari atap. Dan pemasangan vertikal kolektor di pertengahan garis lintang membantu mencegah risiko *overheating* di musim panas, dan dengan demikian kinerja yang lebih baik dari sistem. [19].

Sel-sel BIPV diklasifikasikan berdasarkan modul surya silikon dan non-silikon. Modul berbasis silikon yang paling umum digunakan di pasaran. Mereka terdiri dari 3 jenis *mono-crystalline*, *polycrystalline* dan *amorf*. Modul *mono-crystalline* biasanya dari warna hitam atau abu-abu dan memiliki efisiensi tertinggi, tetapi juga harga tinggi. Modul *polycrystalline* memiliki warna biru berasal dari kristal kecil dan lebih murah tapi menghasilkan efisiensi yang lebih rendah. Sel-sel *amorf* (dikenal juga sebagai sel film tipis) memiliki warna coklat kemerahan dan terdiri dari lapisan sangat tipis dari silikon dan ditempatkan pada substrat. Modul surya non-silikon berbasis baik *Cadmium Telluride (CdTe)* atau *CopperIndium Galliumselenide (CIGS)*, yang diklasifikasikan dalam kategori tipis-film. Teknologi BIPV secara luas diterapkan dalam pembangunan gedung baru dan BIPV merupakan salah satu sumber utama dari listrik. Misalnya, sistem BIPV mampu menurunkan beban pendinginan dan konsumsi listrik bangunan dengan 33-50%. Selain menjadi bersih, tersedia, aman dan terbarukan dari energi surya, salah satu keuntungan utama dari teknik BIPV adalah pengurangan biaya utama dari bahan konstruksi yang kuantitas secara signifikan berkurang karena integrasi material PV di dalamnya[19]. Adapun jenis-jenis sebagai berikut

1. BIPV *Façade*

BIPV *façade* merupakan jenis BIPV yang diterapkan pada dinding bangunan. *Facade* bangunan secara konvensional terbuat dari dinding, kaca, kelongsong, dan fenestrasi; dan struktur lain seperti perangkat peneduh, tembok pembatas dan balkon. Masing-masing komponen bangunan ini menyediakan peluang untuk mengintegrasikan PV ke gedung dan dengan ekstensi, untuk kustomisasi fasad. Aplikasi BIPV *façade* utama yang diekstraksi dari literatur termasuk dinding tirai, kaca, perangkat eksternal / peneduh, dan aplikasi inovatif[20].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.5 BIPV *façadedi* Paris[9]

2. BIPV *Windows*

Jenis BIPV ini diterapkan pada jendela sebuah bangunan. Jenis BIPV ini mampu untuk menghasilkan listrik serta memberikan pengurangan dari ultraviolet dan radiasi inframerah. Jendela yang tersedia dengan banyak pilihan yang dapat disesuaikan untuk memenuhi persyaratan desain, cuaca, iklim dan kode bangunan dan umumnya terbuat dari laminasi kaca PV yang dapat diterapkan untuk jendela sehingga berbentuk semi transparan. Transparansi ini biasanya dicapai baik karena sel PV bisa begitu tipis sehingga memungkinkan untuk melihat melalui PV atau karena sel-sel surya kristal pada laminasi spasi sehingga parsial literasi cahaya melalui modul PV dan menerangi ruangan. Efek cahaya dari panel ini menyebabkan pola yang selalu berubah dari warna di bangunan itu sendiri[20].

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 BIPV Windows di Barcelona[9]

3. BIPV Roof

BIPV jenis ini diterapkan atau diintegrasikan pada atap bangunan. BIPV jenis ini biasanya dijadikan sebagai atap ataupun dijadikan gabungan dari atap yang ada dan BIPV ini diletakkan di antara atap rumah pada umumnya. Jenis BIPV ini kurang sesuai jika digunakan pada bangunan gedung komersial pada umumnya. Ini dikarenakan bangunan gedung bersifat tinggi, dalam arti sisi dinding lebih luas dibandingkan sisi atap bangunan. Namun, jenis BIPV ini akan sesuai jika diterapkan pada bangunan yang memiliki bangunan luas di mana luas atap lebih besar seperti Stadion, Rumah, dan bangunan lainnya[20].



Gambar 2.7 BIPV Roof di Jerman[9]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Persamaan Matematika BIPV

Dalam perhitungan pada sistem BIPV Berdasarkan asumsi pemodelan pada penelitian yang berjudul *Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System*, persamaan yang mengatur untuk konservasi massa, kekekalan momentum, konservasi energi, persamaan transportasi energi kinetik turbulen, dan persamaan disipasi energi turbulen diperoleh sebagai berikut[7].

Kontinuitas konservasi energi

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) = 0 \tag{2.4}$$

Persamaan konservasi momentum - X

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho u v) = -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial u}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial u}{\partial y}\right) \tag{2.5}$$

Persamaan konservasi momentum - Y

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u v) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v v) - \frac{\partial P}{\partial y} - \rho g \beta (T - T_{ref}) + \frac{\partial}{\partial x}\left(\mu \frac{\partial v}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\mu \frac{\partial v}{\partial y}\right) \tag{2.6}$$

Persamaan Konservasi Energi

$$\frac{\partial}{\partial x}(\rho u T) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v T) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{k}{c_p} \frac{\partial T}{\partial y}\right) \tag{2.7}$$

Persamaan perubahan energi kinetik turbulen

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_i}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}\right) \frac{\partial k}{\partial x_i}\right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_m + S_k \tag{2.8}$$

Persamaan disipasi energi turbulen

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \epsilon u_j) \\ = \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon}\right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j}\right] + \rho C_1 S \epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{v \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} C_{3\epsilon} G_b + S_\epsilon \end{aligned} \tag{2.9}$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dimana

$$C_1 = \max \left[0.43, \frac{\eta}{\eta+5} \right], \quad \eta = S \frac{k}{\epsilon} \tag{2.10}$$

$$C_{1\epsilon} = 1.44, \quad C_2 = 1.9, \quad \sigma_k = 1.0, \quad \sigma_\epsilon = 1.2$$

Keterangan :

K = konduktivitas termal udara(W / m ° C)

ρ = massa jenis (kg/m³)

u = kecepatan udara di arah x (m/s)

v = kecepatan udara di arah y (m/s)

g = gravitasi (10 m/s²)

ϵ = emisifitas

k =energi kinetik turbulen PV

x = arah horizontal aliranrongga udara

y = arah vertikalaliranrongga udara

C = *SpesificHeat* (J / kg°C)

2.6 Bangunan Hemat Energi

Penghematan energi melalui rancangan arsitektur mengarah pada penghematan penggunaan listrik, baik bagi pendinginan udara, penerangan buatan, atau peralatan listrik lain dalam bangunan. Bagaimana arsitektur bangunan sedemikian rupa dirancang agar ruangan cukup terang tanpa banyak menggunakan lampu dan agar udara dalam ruang dapat sejuk tanpa bantuan mesin AC. Bagaimana penerangan dan pendinginan udara dapat dilakukan secara alamiah tanpa menggantungkan peralatan listrik yang konsumtif terhadap energi yang bersumber dari BBM. Dengan strategi perancangan tertentu, bangunan dapat memodifikasi iklim luar yang tidak nyaman menjadi iklim ruang yang nyaman tanpa banyak mengkonsumsi energi listrik yang bersumber dari BBM. Kebutuhan energi perkapita dan nasional dapat ditekan jika secara nasional bangunan dirancang dengan konsep hemat energi[21].

Pengertian bangunan hemat energi lebih merujuk pada penghematan energi yang tidak terbarukan. Penghematan ini dapat berupa penekanan penggunaan energi (listrik) yang bersumber dari BBM, atau menggunakan energi listrik non-BBM dan tergolong sebagai sumber energi terbarukan seperti halnya solar sel[21].



Hak Cipta Ditertarikh Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perancangan arsitektur hemat energi dapat dilakukan dengan dua cara secara pasif dan aktif. Perancangan pasif merupakan salah satu cara penghematan penggunaan energi melalui pemanfaatan energi matahari secara pasif tanpa mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Rancangan pasif lebih mengandalkan kemampuan arsitek, bagaimana agar rancangan bangunan mampu dengan sendirinya ‘memodifikasi’ kondisi iklim luar yang tidak nyaman menjadi ruang di dalam bangunan yang nyaman[21].

2.6.1 Energi Pasif

Perancangan bangunan hemat energi dapat dilakukan dengan dua cara secara pasif dan aktif. Energi pasif merupakan energi yang dihasilkan melalui pemanfaatan energi matahari secara pasif, yaitu tanpa mengonversikan energi matahari menjadi energi listrik. Energi pasif lebih mengandalkan kemampuan arsitek bagaimana rancangan bangunan dengan sendirinya mampu "mengantisipasi" permasalahan iklim luar[22].

Yang dikategorikan energi pasif disini adalah koefisien perpindahan panas total(U), Penghematan Energi, dan nilai OTTV.

2.6.1.1 Perhitungan Nilai Koefisien Perpindahan Panas Total (U) dan nilai Windows to Wall Rasio (WWR)

Koefisien transmisi panas (U nilai) adalah parameter kualitas isolasi termal untuk produk bangunan, yang berarti jumlah aliran panas dalam Watt (W) diangkut melalui satu meter persegi produk bangunan pada perbedaan suhu 1 K. Nilai-U terdiri dari koefisien transmisi panas dari setiap lapisan dan koefisien perpindahan panas internal dan eksternal (h_i, h_e).[22]

Sedangkan *Windows to Wall Rasio (WWR)* merupakan perbandingan luas dinding tak tembus cahaya dan luas dinding tembus cahaya. WWR merupakan variabel penting yang mempengaruhi kinerja energi dalam bangunan, luas area jendela dan bukaan kaca akan berdampak padameningkatnya *thermal* dalam ruangan akibat sinar paparan radiasi matahari yang masukkedalam bangunan yang sudah tentu mempengaruhi kinerja pendingin ruangan selain itu perancangan bentuk dan luas bukaan kaca dapat seharusnya dimanfaatkan sebagai sumber pencahayaan alami untuk penerangan dalam bangunan [22].

Perhitungan nilai koefisien perpindahan total dari bangunan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$U = \frac{1}{R_T} \tag{2.11}$$

Keterangan

U = Koefisien perpindahan panas total (W / m² ° C)

R_T= Resistansi termal material total (m²K/W)

Untuk mencari nilai dari R_T maka akan menggunakan persamaan berikut.

$$R_T = h_i + h_o + R_1 + R_2 + R_3 \tag{2.12}$$

Keterangan :

h_o = Koefisien perpindahan panas eksternal(W / m² ° C)

h_i = Koefisien perpindahan panas internal (W / m² ° C)

R₁= Resistansi termal material 1 (W/m²K)

R₂= Resistansi termal material 2 (W/m²K)

R₃= Resistansi termal material 3 (W/m²K)

Sebelum menentukan nilai U, maka terlebih dahulu mengetahui nilai h_e, h_i, h_t. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai h_e sebagai berikut.

$$h_0 = \frac{Nu \times k}{l} \tag{2.13}$$

Keterangan

Nu = *Nusseltnumber*

k = konduktivitas termal (W / m °C)

l = panjang (m)

Untuk menghitung nilai R_i menggunakan persamaan berikut.

$$R = \frac{x}{k} \tag{2.14}$$

2.6.1.2 Persamaan Penghematan Energi

Radasi matahari menembus permukaan sebuah bangunan untuk memanaskan udara dalam ruangan atau fasilitas dalam ruangan. Hal ini juga mampu untuk memanaskan dinding udara atau eksterior luar ruangan untuk mengirimkan energi panas melalui bangunankulit.

Hak Cipta Ditamlik Undang-Undang

Keuntungan panas dalam ruangan adalah hasil dari dua fenomena ini. Keuntungan panas didalam ruangan Q_{in} diinduksi oleh dinding BIPV yang berventilasi, maka dapat dihitung dari persamaan berikut[6]

$$Q_{in} = Q_{cond} + Q_{vent} \quad (2.15)$$

Keterangan:

Q_{in} = Keuntungan panas didalam ruangan (W)

Q_{cond} = laju perpindahan panas konduktif (W)

Q_{vent} = keuntungan panas melalui ventilasi(W)

Untuk menentukan nilai Q_{in} , maka terlebih dahulu mengetahui nilai Q_{cond} dan Q_{vent} .

Untuk mencari nilai Q_{cond} dapat menggunakan persamaan berikut[6]:

$$Q_{cond} = \frac{k}{d}(T_L - T_R)As \quad (2.16)$$

Keterangan :

k = konduktivitas termal (W / m ° C)

d = ketebalan panel dinding interior (m)

T_L = suhu permukaan(° C)

T_R = suhu permukaan (° C)

As = luas panel dinding interior (m²)

Untuk mencari nilai Q_{vent} maka akan menggunakan persamaan berikut[6]:

$$Q_{vent} = m_V C_p (T_V - T_r) \quad (2.17)$$

Keterangan :

m_v = laju massa aliran udara (kg/s)

T_v = suhu udara ventilasi ruangan (° C)

T_r = suhu udara awal ruangan (° C)

Selain itu akan dilakukan juga perhitungan nilai pengurangan panas ruangan (Q_w)

$$Q_w = U(T_i - T_o)A_w \quad (2.18)$$

Keterangan :

U = koefisien perpindahan panas keseluruhan (W / m² ° C)

T_i = suhu permukaan dinding dalam ($^{\circ}$ C)

T_o = suhu permukaan dinding luar ($^{\circ}$ C)

A_w = total luas permukaan (m^2)

Setelah didapat Q_w dan Q_{in} , maka nilai rasio pengurangan panas dalam ruangan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut[6].

$$\eta = \frac{Q_w - Q_{in}}{Q_w} \quad (2.19)$$

η = Rasio pengurangan panas dalam ruangan

2.6.1.3 Overall Thermal Transfer Value (OTTV)

OTTV adalah Nilai perpindahan termal keseluruhan, untuk setiap bidang dinding luar bangunan gedung dengan orientasi tertentu, untuk membatasi perolehan panas akibat radiasi matahari melalui selubung bangunan, yaitu dinding dan atap dengan nilai perpindahan termal keseluruhan untuk selubung bangunan tidak melebihi 45 Watt/m^2 [26]. Untuk menghitung OTTV digunakan persamaan berikut[5]:

$$OTTV = \alpha [U \times (1 - WWR) \times T_{DEK}] + (U_f \times WWR \times \Delta T) + (SC \times WWR \times SF) \quad (2.20)$$

Keterangan:

OTTV = Nilai perpindahan termal menyeluruh pada dinding luar yang memiliki arah atau orientasi tertentu (W/m^2)

α = absorptans radiasi matahari

U = transmitans termal dinding tidak tembus cahaya ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)

WWR = Perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

T_{DEK} = Beda temperatur ekuivalen (K)

SF = Faktor radiasi matahari (W/m^2)

SC = Koefisien peneduh dari sistem fenestrasi

U_f = Transmitans termal fenestrasi ($\text{W/m}^2 \text{ K}$)

ΔT = Beda temperatur perencanaan antara bagian luar dan bagian dalam (K)

Nilai transmitansi termal (U) dihitung dengan persamaan : $U = 1/R_{total}$



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

R_{total} = Resistansi termal total

6.2 Energi Aktif

Energi aktif merupakan energi dimana matahari dikonversi menjadi energi listrik oleh sel solar, kemudian energi listrik inilah yang digunakan memenuhi kebutuhan bangunan. Dalam perancangan secara energi aktif, secara simultan arsitek juga harus menerapkan strategi perancangan secara pasif. Tanpa penerapan strategi perancangan pasif, penggunaan energi dalam bangunan akan tetap tinggi apabila tingkat kenyamanan termal dan visual harus dicapai [22]. Yang dikategorikan energi aktif disini adalah efisiensi energi sel PV dan daya listrik yang dihasilkan.

2.5.2.1 Efisiensi Energi Sel PV dan Daya Listrik PV

Energi listrik yang dihasilkan tiap harinya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [31]

$$P = Losses \times P_{max} \times q_{rad} \tag{2.21}$$

Energi listrik yang dihasilkan tiap bulan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$P_{electmontly} = \sum_{j=1}^N P_{electdaily} \tag{2.22}$$

Energi listrik yang dihasilkan tiap bulan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$P_{annelect} = \sum_{k=1}^{12} P_{electmontly} \tag{2.23}$$

Energi panas matahari meningkatkan suhu sel surya. Maka efisiensi listrik sel surya tergantung pada suhu sel surya yang diakibatkan oleh matahari. Maka efisiensi akibat faktor ini dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$\eta = \eta_o [1 - 0,0045(T_c - T_o)] \tag{2.24}$$



2.7 Penyelesaian Metode Matematika

2.7.1 Metode Numeric

Metode numerik adalah metode yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan / aritmatikabiasa. Solusi dengan menggunakan metode numerik selalu berbentukangka.

Keunggulan metode numerik adalah memperoleh solusi yang mendekati hasil sebenarnya sehingga solusi numerik dinamakan juga solusi hampiran(*approxomation*) atau solusi pendekatan, namun solusi hampiran dapat dibuat seteliti yang kita inginkan. Solusi pendekatan jelas tidak tepat sama dengan solusi sebenarnya, sehingga ada selisih antara keduanya. Selisih inilah yang disebut dengan *error*.

2.7.2 Metode Analitic

Metode analitik merupakan suatu metode Metode penyelesaian model matematikadengan rumus-rumus aljabar yang sudah baku (lazim). Dimana dalam metode ini eror sama dengan nol. Metode analitik yang biasanya menghasilkan solusi dalam bentuk fungsi matematik yang selanjutnya fungsi matematik tersebut dapat dievaluasi untuk menghasilkan nilai dalam bentuk angka. Kelebihan dari metode ini adalah nilai yang dihasilkan adalah nilai sesungguhnya. Namun metode ini terkadang memakan waktu dalam tahap penyelesaian dan juga terkadang tidak menemui solusi.

2.7.3 Metode Experiment

Metode eksperimen adalah suatu metode yang berusaha melihat hubungan sebab akibat dari satuatau lebih variabel independen dengan satu atau lebih variabel kontrol.Peneliti melakukan manipulasi terhadap satu atau lebih variabel independen. Manipulasi berarti merubah secara sistematis sifat (nilai-nilai)variabel bebas sesuai dengan tujuan penelitian.

Keunggulan metode ini yaitu dengan mengelompokkan subjek penelitian (lazim disebut responden) ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dalam desain klasik,kelompok eksperimen adalah kelompok subjek yang akan dikenai perlakuan (*treatment*). Sedangkan yang dimaksud dengan perlakuan (*treatment*) adalah mengenakan (*exposed*) variabel bebas yang sudah dimanipulasi kepada kelompok eksperimen. Sedangkan kelompok kontrol adalah kelompok subyek yang tidak dikenai perlakuan. Metode ini

- 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
- 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

membandingkan kelompok eksperimen yang dikenai perlakuan dengan kelompok kontrol yang tidak dikenai perlakuan. Dan pengaruh hubungan sebab akibat antara variabel independen dengan variabel dependen diperoleh dari selisih skor observasi masing-masing kelompok tersebut.

Pemodelan

Pemodelan adalah suatu cara untuk menduplikasi/menggambarkan ciri, tampilan, dan karakteristik dari suatu sistem nyata. Ide awal dari pemodelan adalah untuk meniru situasi dunia nyata secara matematis, kemudian mempelajari sifat dan karakter operasionalnya, dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari simulasi. Dengan cara ini sistem di dunia nyata tidak disentuh /dirubah sampai keuntungan dan kerugian dari apa yang menjadi kebijakan utama suatu keputusan di uji cobakan dalam sistem [23].

Dengan melakukan pemodelan kita akan mendapatkan hasil prakiraan dari sebuah sistem yang ingin diterapkan. Dengan simulasi maka kerugian baik secara ekonomis, teknis, atau lainnya tidak akan terjadi, atau peluang kegagalan dalam eksekusi nantinya terbilang kecil.

1. Eksperimen langsung dan tidak langsung.

Eksperimen langsung dan tidak langsung merupakan suatu cara yang digunakan untuk memperoleh gambaran dan informasi secara lengkap dari system yang ingin disimulasikan. Bila diinginkan data yang benar-benar valid maka yang lebih tepat adalah eksperimen langsung terhadap sistem realnya, karena jika kita bereksperimen terhadap model system maka akan timbul kendala apabila model tersebut tidak menggambarkan sistem realnya secara utuh[23].

2. Model Fisik dan model matematik

Model sistem dapat berwujud secara fisik maupun dalam bentuk formula matematik. Pada umumnya model matematik selalu dapat memberikan hasil yang menjanjikan, karena model matematik yang sempurna akan dapat memberikan informasi dan pada akhirnya akan dapat menunjukkan kinerja dari sistem nyatanya secara tepat[23].

3. Penyelesaian analitik dan dengan simulasi

Penyelesaian analitik dan dengan simulasi merupakan bagian tahapan selanjutnya manakal model fisik maupun model matematik sistem selesai dibuat. Jika model sistem cukup sederhana maka penyelesaian secara analisis mudah dilakukan, namun bila model



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sistem cukup kompleks maka penyelesaian simulasi dengan menggunakan computer akan lebih membantu. Simulasi computer adalah suatu metode yang mana metode itu dengan sendirinya harus disesuaikan dengan karakteristik system real yang di buat simulasinya. Banyaknya karakteristik system yang ada di sekeliling kita akan memunculkan bermacam-macam simulasi, diantaranya adalah[23]:

Simulasi sistem dinamis, merupakan model simulasi yang dapat merepresentasikan system yang berubah-ubah sepanjang waktu.

- b. Simulasi sistem diskrit: merupakan system yang perubahan statenya terjadi pada waktu-waktu diskrit.
- c. Simulasi sistem kontinu: merupakan system yang perubahan statenya terjadi secara kontinu.
- d. Simulasi sistem probablistik: merupakan system dengan kejadian yang probablistik

2.9 Comsol Multipysic 5.3a

Comsol Multipysic 5.3a merupakan piranti interaktif untuk pemodelan dan pemecahan dari semua jenis masalah sains dan teknik berdasarkan pada persamaan differensial parsial (PDEs). Dengan *software* ini anda dapat dengan mudah memperluas model konvensional untuk salah satu tipe ilmu fisika menjadi model-model multi-fisika yang dapat memecahkan gabungan fenomena fisika dan menyelesaikannya secara bersamaan[24].

Menggunakan piranti *Comsol Multipysic 5.3a* tidak memerlukan pengetahuan yang mendalam mengenai matematika dan analisis numerik. Berkat mode-mode fisika tersebut sangat memungkinkan membangun model dengan mendefinisikan jumlah fisik yang relevan seperti sifat material, beban, kendala, sumber dan fluks berbanding dengan mendefinisikan persamaan-persamaan matematikanya. Anda dapat menerapkan variabel, lambang atau nomor secara langsung ke bidang, batas, tepi dan titik dengan bebas pada jaringan komputansi.

Comsol Multipysic 5.3a kemudian secara internal menyusun seperangkat PDEs mewakili keseluruhan model. Anda akan dapat mengakses kekuatan dari *Comsol Multipysic* sebagai produk mandiri melalui antarmuka pengguna grafis yang fleksibel atau dengan pemograman tulisan didalam bahasa tulisan *Comsol Multipysic 5.3a* atau dalam bahasa MATLAB[24].

Menggunakan mode aplikasi ini, anda dapat melakukan berbagai macam tipe analisis termasuk:

1. Analisis stasioner (*Time Independent*) dan bergantung waktu (*Time Dependent*)
2. Analisis linear dan non-linear
3. Eigenfrekuensi dan analisis pengandaian

Adapun langkah-langkah dalam pemrosesan menjalankan *comsol multiphysic 5.3a*

sebagai berikut:

1. Langkah awal dilakukan adalah menentukan *spacedimension* yang akan dilakukan pada simulasi, ini merupakan sistem pemodelan nantinya.
2. Pemilihan modul yang digunakan pada simulasi berdasarkan kebutuhan yang ingin dilakukan berdasarkan tujuan simulasi.
3. Selanjutnya memasukkan parameter yang digunakan berdasarkan kebutuhan yang disimulasikan pada kolom parameter.
4. Setelah memasukan parameter,selanjutnya mengambarkan geometri yang digunakan dengan memilih pada “Model” dan masukan geometri sebanyak yang digunakan lalu masukan nilai ukuran pada geometri.
5. Langkah selanjutnya melakukan pemilihan material yang digunakan dalam BIPV. Kemudian membuat batasan *selection* dari material pada kolom *geometry entity selection*.
6. Selanjutnya kita dapat melihat jaring-jaring pada pemrosesan awal dari BIPV yang terdapat pada *Mesh*, dengan mengatur *mesh setting* sesuai diinginkan lalu jalankan dengan klik *Build all*.

Ketika pemecahan PDEs, *Comsol Multiphysic 5.3a* menggunakan analisis metode elemen hingga (*Finite Element Method* or FEM). Piranti menjalankan analisis elemen hingga bersamaan dengan jaringan adaptif dan mengontrol error dengan berbagai pemecah numerik. PDEs membentuk dasar hukum sains dan menyediakan dasar untuk memodelkan berbagai fenomena ilmiah dan rekayasa[24].



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

1. Alur Proses Penelitian

Proses simulasi pada sistem BIPV dimulai dari tahap perencanaan yang terdiri dari mengidentifikasi masalah, tujuan manfaat, penentuan judul, jadwal penelitian, rumusan masalah yang berkaitan dengan penelitian, kemudian dilanjutkan dengan studi literatur penelitian, lalu langkah selanjutnya melakukan pengumpulan data dan membuat konsep pemodelan dan memasukkan parameter yang digunakan, setelah itu melakukan simulasi, dan bila sesuai dengan yang diharapkan maka melakukan analisis terhadap hasil simulasi dan langkah terakhir melakukan penarikan kesimpulan. Adapun studi kasus yang diangkat yaitu bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau. Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat alur diagram pada bagan 3.1 dibawah ini.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

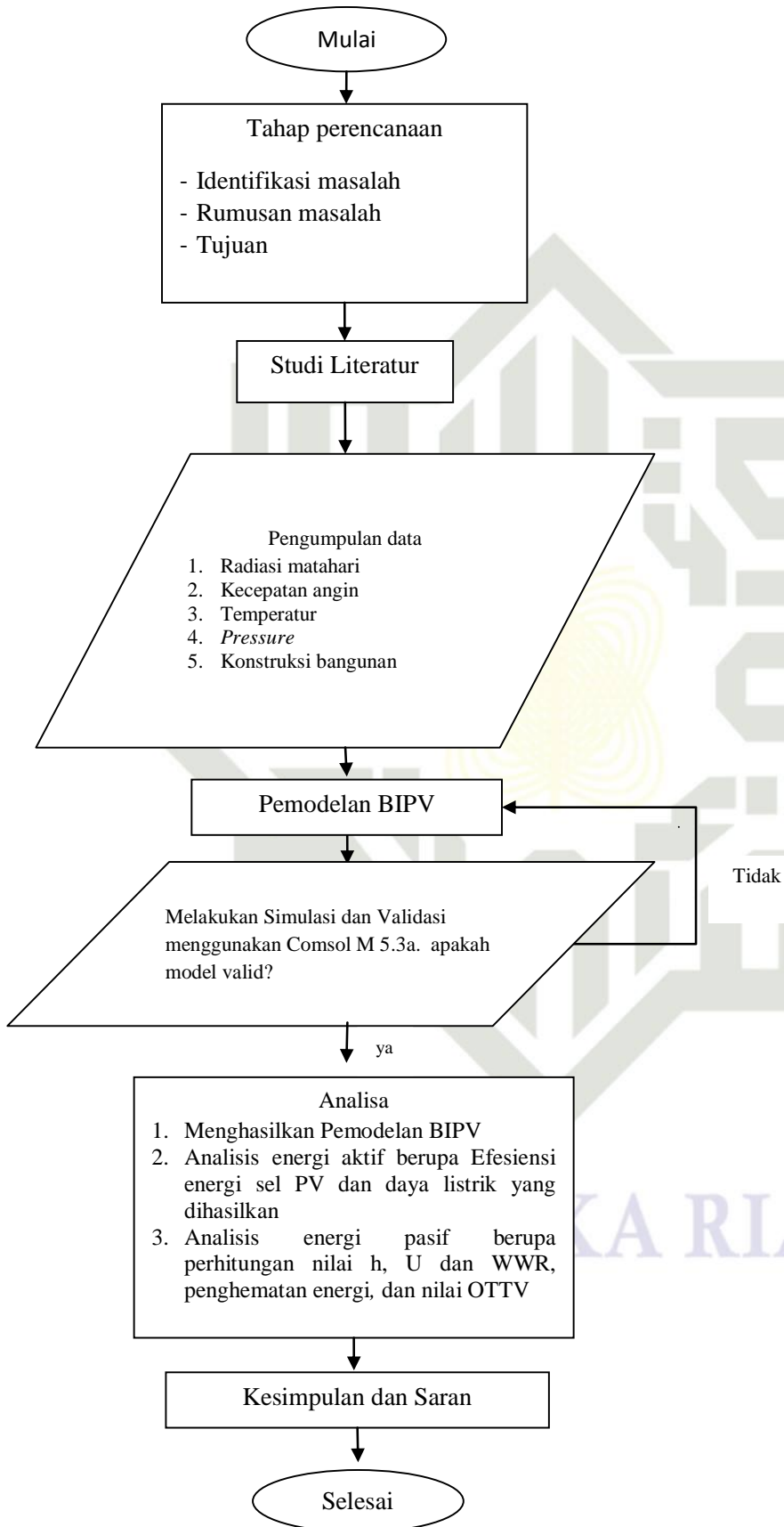
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

2.3 Tujuan

Tujuan pada penelitian ini adalah pemodelan BIPV pada bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau.

2.4 Manfaat

Manfaat pada penelitian ini secara akademis diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat bagi penambahan referensi yang berkaitan dengan sistem PV sebagai sumber energi terbarukan, bisa bermanfaat bagi masyarakat dan pemerintah agar bisa memanfaatkan sumber energi matahari.

3.3. Study Literatur

Beberapa teori pendukung yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada bab 2, antara lain, definisi BIPV, jenis dan karakteristik PV, dan lain sebagainya yang berkaitan dengan BIPV. Studi literatur dilakukan untuk membantu mengetahui data apa saja yang akan diperlukan dalam penelitian serta bagaimana cara pengolahan data tersebut.

3.4. Pengumpulan Data BIPV

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data skunder yang dikumpulkan dari institusi resmi seperti NASA POWER dan jurnal-jurnal terkait, yaitu *Energy Saving Evaluation BIPV Walls* yang diperoleh secara *online*. Adapun data yang diambil dari penelitian tersebut adalah:

1. Data Radiasi Matahari dicari berdasarkan orientasi bangunan gedung rektorat UIN SUSKA Riau. Data ini diakses dari *Tools PVWatt* secara *online* dengan menginputkan koordinat lokasi, tilt angle dan azimuth..
2. Data Kecepatan Angin, Tekanan, dan Temperatur diakses dari situs NASA POWER secara *online* dengan menginputkan koordinat latitudo dan longitudo.
3. Data Konstruksi Bangunan, data ini didapatkan dari data skunder berupa data konstruksi bangunan yang diambil dari Rektorat UIN Suska Riau. Data konstruksi bangunan yang meliputi Luas Permukaan Dinding, Luas Permukaan Kaca, dan luas setiap sekat bangunan.

5. Pemodelan BIPV

Penelitian ini merupakan perluasan dari penelitian yang telah dilakukan oleh Chi Ming Tsai, Yi Pin Lin. Dengan melakukan penambahan sistem ventilasi pada BIPV untuk mengurangi panas yang dihasilkan sel PV, dan ini merupakan pemodelan yang terbilang baru, sebagaimana yang telah dilakukan L. Liaou, Athiennites, Candanedo, K. W. Park, pada *Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System*.

Pemodelan penelitian ini dilakukan dengan cara memodelkan secara matematis sesuai replika dengan bantuan Tools *Comsol Multiphysic 5.3a*, menggunakan persamaan-persamaan, dan asumsi-asumsi data skunder berupa data-data yang dikumpulkan dari berbagai sumber hasil perhitungan langsung seperti NASA POWER, PV Watt, dan konstruksi bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau. Pengumpulan data ini agar hasil yang diperoleh dari pemodelan mendekati hasil yang nyata dan akhirnya membuat kesimpulan dan membuat keputusan berdasar hasil dari pemodelan.

Pada penelitian ini model sistem BIPV dibuat secara berventilasi dan menyesuaikan dari data konstruksi bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau yang diintegrasikan dengan panel surya jenis *monocrystalline silicon*. Dimana konstruksi bangunan diambil dari buku konstruksi bangunan rektorat UIN SUSKA Riau. Model aliran ventilasi BIPV diasumsikan turbulents, dan ketika BIPV mengkonversi radiasi matahari menghasilkan energi panas yang berpindah baik secara konduksi, konveksi dan radiasi. sehingga pada penelitian ini, model BIPV menggunakan 2 modul *physic* di *software comsol 5.3a* yaitu *Heat Transfer* dan *Turbulence Flow*.

3.6. Melakukan Simulasi

Dalam melakukan simulasi di butuhkan suatu alur untuk mempermudah penelitian dalam menjalankan simulasi. Adapun alur simulasi penelitian yang dilakukan dengan menggunakan piranti *comsol multiphysic 5.3a* adalah pemrosesan awal, perhitungan numerik, pemrosesan akhir.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

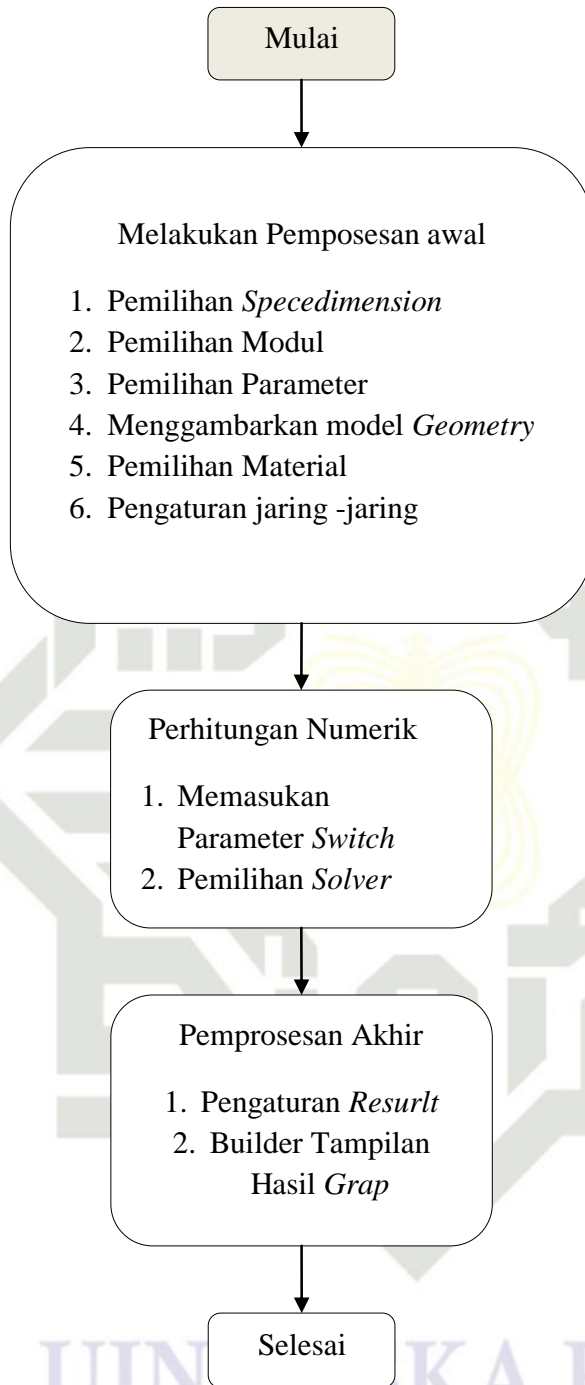


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

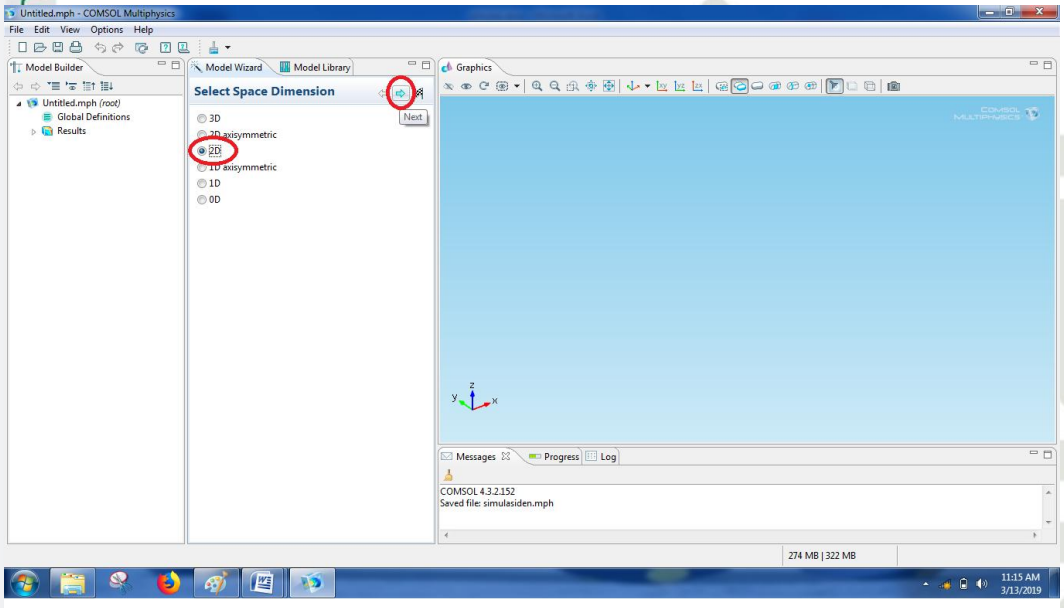


Gambar 3.3 Alur Simulasi

5.1 Pemrosesan Awal

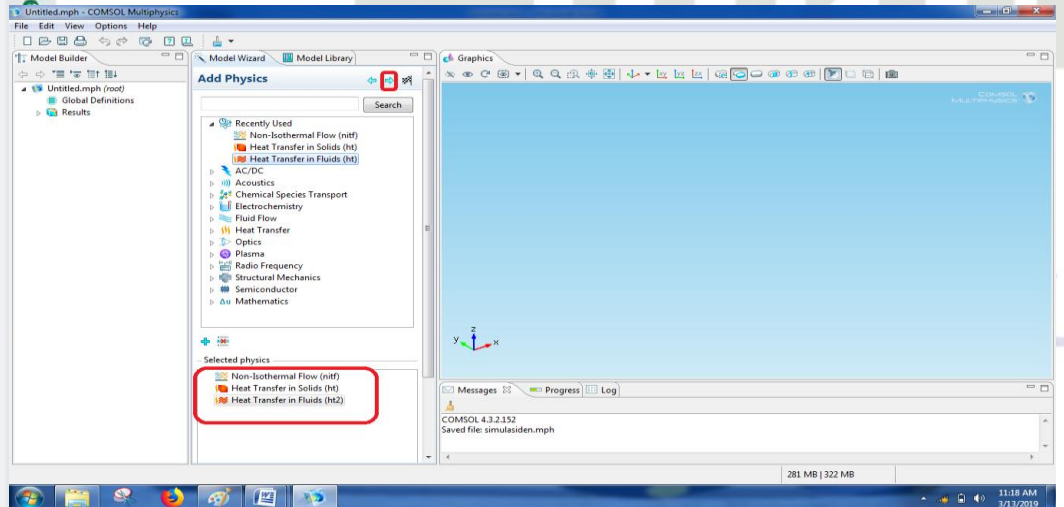
Adapun langkah-langkah dalam pemrosesan awal dalam melakukan simulasi sebagai berikut:

Langkah awal dilakukan adalah menentukan *spcedimension* yang akan dilakukan pada simulasi, ini merupakan sistem pemodelan nantiknya.



Gambar 3.4 Pemilihan *Space Dimension*

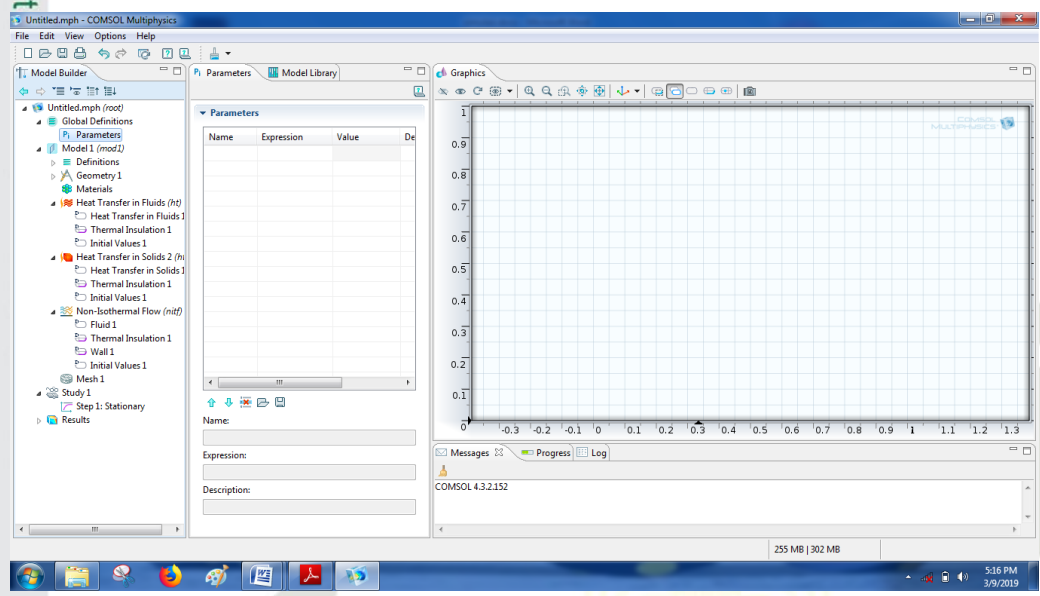
2. Pemilihan modul yang digunakan pada simulasi berdasarkan kebutuhan yang ingin dilakukan berdasarkan tujuan simulasi.



Gambar 3.5 Pemilihan Sub Modul *Fluid Flow* dan *Heat Transfer*

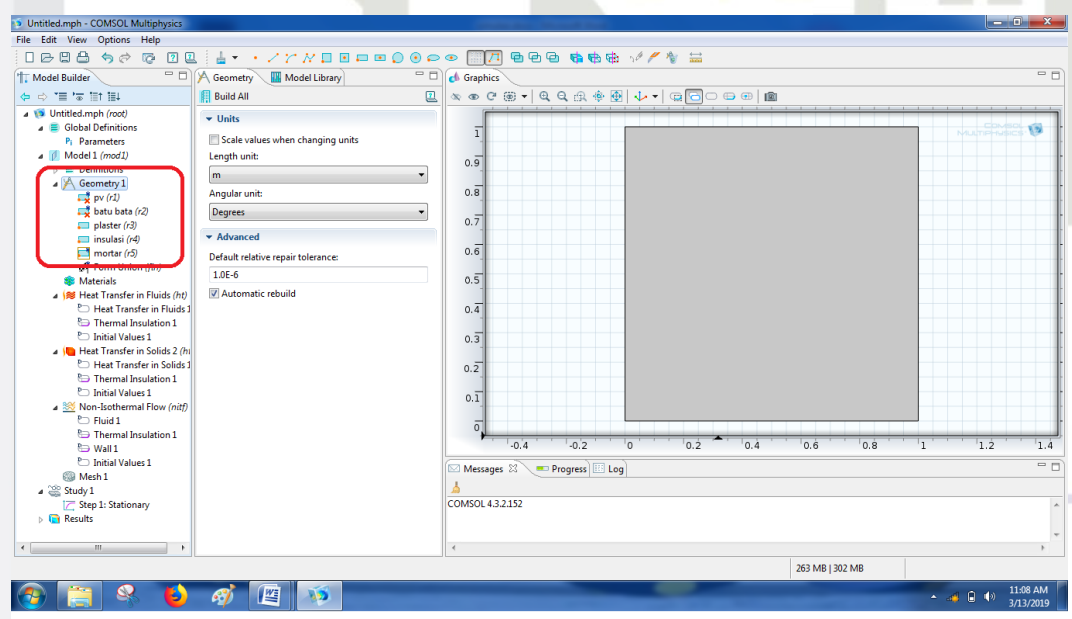
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Selanjutnya memasukkan parameter yang digunakan berdasarkan kebutuhan yang disimulasikan pada kolom parameter.



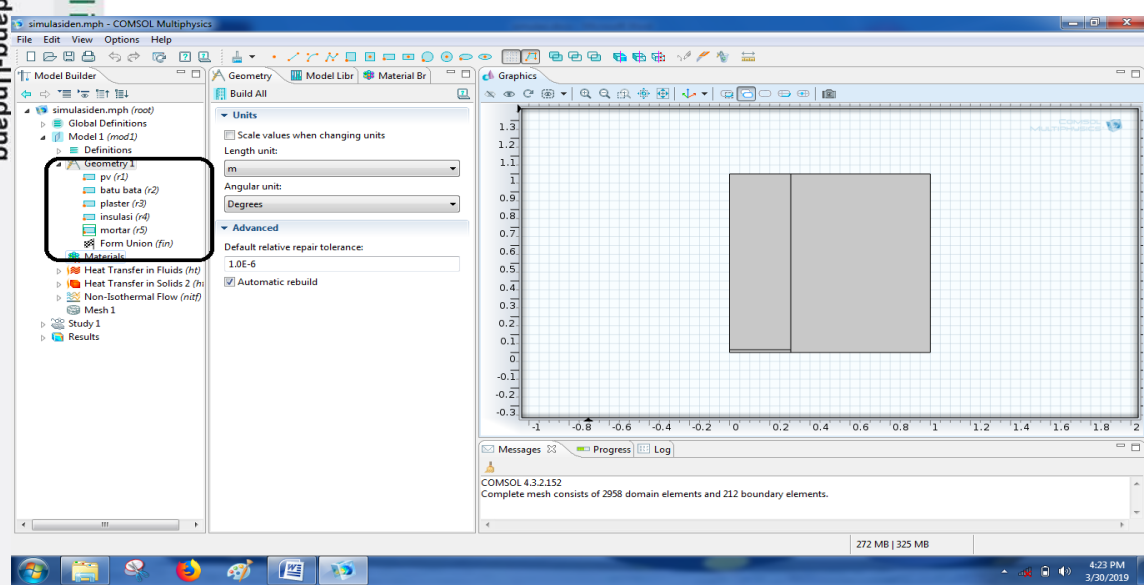
Gambar 3.6 Kolom tabel pada *Comsol Multiphysics*

4. Setelah memasukan parameter, selanjutnya mengambarkan geometri yang digunakan dengan memilih pada “Model” dan masukan geometri sebanyak yang digunakan lalu masukan nilai ukuran pada geometri.



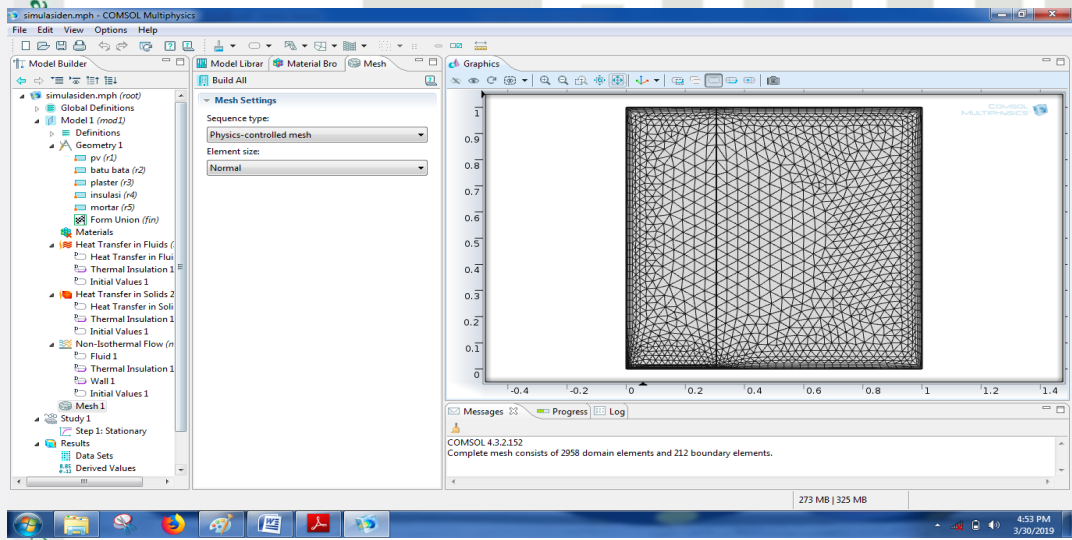
Gambar 3.7 Model *Geometry BIPV* pada *Comsol Multiphysics*

Langkah selanjutnya melakukan pemilihan material yang digunakan dalam BIPV. Adapun bahan material konduktor yang dipilih untuk digunakan berupa (mortar, plaster, rock woll, brick, dan pv). Kemudian membuat batasan *selection* dari material pada kolom *geometry entity selection*.



Gambar 3.8 Material BIPV

Selanjutnya kita dapat melihat jaring-jaring pada pemrosesan awal dari BIPV yang terdapat pada *Mesh*, dengan mengatur *mesh setting* sesuai diinginkan lalu jalankan dengan *klik Build all*.



Gambar 3.9 Jaring-jaring Mesh



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perhitungan Numerik

Tahap selanjutnya yaitu perhitungan numerik, dimana perhitungan numerik adalah proses yang dijalankan sesuai parameter variabel, yang berdasarkan nilai yang nantinya akan diinputkan. Perhitungan numerik akan dilakukan oleh *software comsol multiphysic 5.3a* di dalam aplikasi secara otomatis dengan memilih *solfwos*.

Pemrosesan Akhir

Pemrosesan akhir adalah tahap akhir dari simulasi *comsol multiphysic* dimana pada proses pemrosesan akhir ini adalah pengaturan *Result* dan pengaturan *bilder* guna untuk menampilkan hasil grafik.

Setelah selesai maka dilakukan validasi yang merupakan proses penentuan apakah model konsep simulasi BIPV ventilasi benar-benar merupakan representasi akurat/mendekati dari sistem nyata yang dimodelkan dari jurnal *Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System*.

Memvalidasi simulasi dilakukan dengan hasil simulasi dengan parameter yang meliputi kecepatan aliran fluida, kecepatan aliran temperatur.

3.7. Validasi

3.7.1 Pengertian

Validasi merupakan suatu tindakan membuktikan suatu penelitian itu benar dengan suatu alat ukur sehingga mencapai hasil yang diinginkan. Tujuan dari validasi adalah memastikan hasil dari suatu penelitian mendekati nyata dan mempertahankan kredibilitas dari penelitian tersebut.

Pada penelitian ini, validasi dilakukan dengan menggunakan persamaan dan desain BIPV dari penelitian yang berjudul “*Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System*”, dan untuk proses perpindahan panas(*heat transfer*) akan mengacu dari penelitian berjudul “*Energy Saving Evaluation BIPV Walls*”. Sebelum membuat desain BIPV ventilasi, maka desain BIPV dari jurnal “*Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System*” akan disimulasi terlebih dahulu menggunakan *comsol multiphysic 5.3a*. Jika berhasil desain BIPV ventilasi yang diinginkan akan dibuat untuk melanjutkan penelitian ini.

3.7.2 Analisis

Pada penelitian ini penulis ingin melakukan simulasi dengan menerapkan BIPV pada bangunan. Pada penelitian ini penulis ingin melakukan Pemodelan BIPV pada bangunan Gedung Rektorat UIN Suska Riau di bagian *façade* bangunan seperti pada gambar 3.3. Dari pemodelan tersebut akan dihasilkan temperatur sel PV dan *Nuselt number*. Dimana temperatur sel PV dan nilai koefisien *heat transfer*(h) digunakan nantinya dalam analisis energi aktif dan pasif.

3.7.2.1 Energi Pasif

Sedangkan yang dikategorikan energi pasif disini adalah:

1. nilai pengurangan panas yang masuk keruangan (Q_w), dengan cara menggunakan nilai koefisien perpindahan panas (h), setelah didapatkan nilai h maka nilai akan didapatkan nilai koefesien perpindahan panas keseluruhan (U) menggunakan persamaan 2.11, dengan nilai U ini akan didapatkan nilai Q_w menggunakan persamaan 2.18.
2. Setelah nilai tersebut didapatkan maka nilai rasio pengurangan panas bangunan akan didapatkan menggunakan persamaan 2.19.
3. Analisis energi pasif yang dihitung adalah menghitung nilai OTTV setelah penerapan BIPV ventilasi pada bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau menggunakan persamaan 2.20.

3.7.2.2 Energi Aktif

Adapun yang dikategorikan energi aktif disini adalah:

1. Analisis energi yang dihasilkan PV menggunakan persamaan 2.21
2. Efisiensi energi sel PV dengan menggunakan persamaan 2.24.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada sistem *Building Integrated Photovoltaic* (BIPV) pada bangunan gedung Rektorat UIN Suska Riau dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pemodelan BIPV, dimana model BIPV pada penelitian sebelumnya yaitu dimana BIPV terdiri dari lapisan udara dan PV nya saja sehingga menghasilkan aliran udara dan temperatur. Pada penelitian ini BIPV dimodelkan dengan menerapkan BIPV pada penelitian sebelumnya dengan menggabungkan langsung dengan material bangunan pada gedung Rektorat UIN Suska Rau. Sehingga hasil dari penelitian ini selain menghasilkan aliran udara dan temperatur, juga menghasilkan energi pasif dan energi aktif.
2. Energi aktif yang diperoleh dari pemodelan BIPV yaitu nilai temperatur sel PV yang didapatkan rata-rata sebesar 292-293K. Daritemperatur sel PV didapatkan nilai efesiensi rata-rata tiap bangunan yaitu sebesar Barat 0,18419, Timur 0,18408, Utara 0,18420, dan Selatan 0,18419. Untuk daya listrik yang dihasilkan,dimana pada dalam satu hari, energi listrik yang dihasilkan BIPV mencapai 332,675 kWh dari total beban gedung Rektorat UIN Suska Riau sebesar 1208,1 kWh. Untuk daya listrik yang dihasilkan BIPV dalam satu bulan 9,98 MWh dari total beban 36,24MWh perbulan. Dan energi yang dihasilkan BIPV dalam satu tahun didapatkan 119,763 MWh pertahun.
3. Energi pasif yang dihasilkan pada pemodelan BIPV pada gedung Rektorat UIN Suska Rau adalah nilai h rata-rata sebesar 9,5 2,9 dan 0,09. Dari nilai h tersebut maka didapatkan nilai U, dimana pada perhitungan tersebut nilai U mengalami penurunan dari 3,076 W/m²K pada peelitian [5] menjadi 2,314 W/m²K. Dari penurunan nilai U, maka akan mempengaruhi nilai pengurangan panas dalam ruangan atau Q_w dan OTTV. Dari hasil nilai Q_wtersebut maka didapatkan nilai rasio pengurangan panas pada gedung Rektorat UIN Suska Riau sebesar 0,997. Sedangkan nilai OTTV dari penerapan BIPV mengalami penurunan pada setiap orientasinya yang dibandingkan dengan pada penelitian [5].

Saran

Berdasarkan kesimpulan diatas, maka dapat diajukan beberapa saran agar penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut di masa yang akan datang. Beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan penerapan BIPV pada *facade* bagian Kaca di bangunan Gedung Rektorat UIN Suska Riau
2. Untuk penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan perhitungan pembangkit listrik tenaga surya dan dengan memperhitungkan pengaruh umur pembangkit dari penggunaan BIPV.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- © Hak cipta dimiliki UIN Suska Riau
 State Islamic University of Sunan Syarif Kasim Riau
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
- [1] Risa, Indraswari dan Jaelani, Risni 2012. “Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Penundaan Kelahiran Anak Pertama Di Wilayah Perdesaan Indonesia: Analisis Data SDKI 2012” Jurnal Kependudukan Indonesia Vol. 12 No. 1, Jakarta Juni 2017.
 - [2] Larasatialiffia, Syaiffhanaya W. 2014 “Analisa ekonomi pembangkit listrik tenaga sampah dan manfaat reduksi emisi karbon di tempat pengolahan sampah bantergebang”,Jurnal. Bogor: Institut Pertanian Bogor, 2014.
 - [3] Harjanto, Nur. 2008. “Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional” Jurnal No. 01/ Tahun I. April 2008.
 - [4] AK Paminto. Proyeksi Kebutuhan Listrik Periode 2012-2035. Tangerang selatan: BPPT, 2014. [E-book] Tersedia: academia.edu
 - [5] Susi Afriani, Rika, Darminto, 2018. “Efisiensi Energi Dari Aspek Selubung Bangunan Studi Kasus Gedung Rektorat UIN SUSKA Riau” Jurnal ForTE Seminar Nasional Teknik Elektro ISBN 978-602-8692-34-2 , Batu Malang 11-13 oktober 2018.
 - [6] Chi Ming Lai, Yi Pin Lin, 2011. “Energy Saving Evaluation BIPV Walls ” *JournalEnergies* Vol.4 No. 948-959. ISSN 1996-1073. Taiwan 14 Juni 2011.
 - [7] L. Liaou, Athiennites, Candanedo, K. W. Park, 2007. “Numerical and Experimental Study of Heat Transfer in a BIPV-Thermal System” *Journal of Solar Engineering* Vol. 1 Kanada 29 November 2007.
 - [8] Kafela A Agathokleous, Soteris A. Kologirou, 2016. “Thermal Analysis of Building Intergrated Photovoltaic (BIPV) System” Portoroz, Slovenia. Juni 19-23 2016.
 - [9] Cirriminna Rossaria, Giovanni Palmisanno, 2010. “BIPV Merging The Photovoltaic with The Constructio”. Vol. 18 no. 61-72, Palermo, Italia 2010.
 - [10] Panagiotis G. Klironomos, Georgios A. Vokas and John K. Kaldellis, 2012. “Potential of Building Integrated Photovoltaic Systems (BIPV) Study on the Oinofyta Viotias Industrial Buildings zone” Januari, 2012.
 - [11] Utan, Nurul. 2015. “Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi” Volume 6 Nomor 1 2015 ISSN : 2302-7827. Surakarta, 2015.
 - [12] Sotho, “Uji eksperimental pengaruh perubahan temperatur lorong udara terhadap koefisien perpindahan panas konveksi pelat datar”. Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknikn Universitas Pandanaran.

[13] Lenis Bilangan “bilangan-bilangan tak berdemensi”[online].2014. Tersedia : <http://berbagienergi.com/2014/09/28/> . [Diakses: 7 juli 2019].

[14] Kharis, Burhani. 2014. “Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan Permukaan Spesimen Uji” *Journal of Mechanical Engineering Learning* 3 no.2 Semarang, 2014.

[15] Prasetyono, Eka. Wicaksana, Ragil 2015. “Pemodelan Dan Prediksi Daya Output Photovoltaic Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler” *Jurnal Nasional Teknik Elektro* Vol: 4, No. 2, September 2015.

[16] Naphitulu, Richard. 2016. “Karakteristik Sel Surya 20 Wp dengan dan tanpa Tracking System” *Jurnal Teknik Nommensen Volume II No. 1, September 2016*

[17] Bambang, Purwoto. “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif” *Jurnal Emitor* Vol.18 No. 01 ISSN 1411-8890, 2011.

[18] Dani, Santoso, 2000. “Strategi Aplikasi Sel Surya (*Photovoltaic Cells*) Pada Perumahan Dan Bangunan Komersial” *Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur* Vol. 28, No. 2, Desember 2000.

[19] Yen-Chieh Huang, Chi-Chang Chan, Shui-Jinn Wang, Shin-Ku Lee, 2014. “Development of building integrated photovoltaic (BIPV) system with PV ceramic tile and its application for building façade”. *Journal Energy Procedia* Vol. 61 2014 No.1874 – 1878. Taiwan. 2014.

[20] Panagiotis G. Klironomos, Georgios A. Vokas and John K. Kaldellis, 2012. “Potential of Building Integrated Photovoltaic Systems (BIPV) Study on the Oinofyta Viotias Industrial Buildings zone” Januari, 2012.

[21] Kuryono, Tri Harso, 2016. “Bangunan Hemat Energi: Strategi Penghematan Energi Bangunan Di Kawasan Sub Tropis Dan Tropis Basah” *Seminar Bangunan Hemat Energi*, Balai Besar Teknologi Energi (B2TE), Serpong, 12 Juli 2016.

[22] Daniel Attoye, Kheira Anisa, 2017. “A Review on Building Integrated Photovoltaic Façade Customization Potentials” *Journal Sustainability* Vol.9 No. 2287 Arab Saudi, Desember 2017.

[23] Marlisa, Julius. “Pemodelan dan Simulasi” *Literatur Riview Riset Manajemen dan Operasi dan Bisnis*, Juni 2013.

[24] M Jelita, Modul Perkenalan *Comsol Multiphysic*, Pekanbaru, 2019.

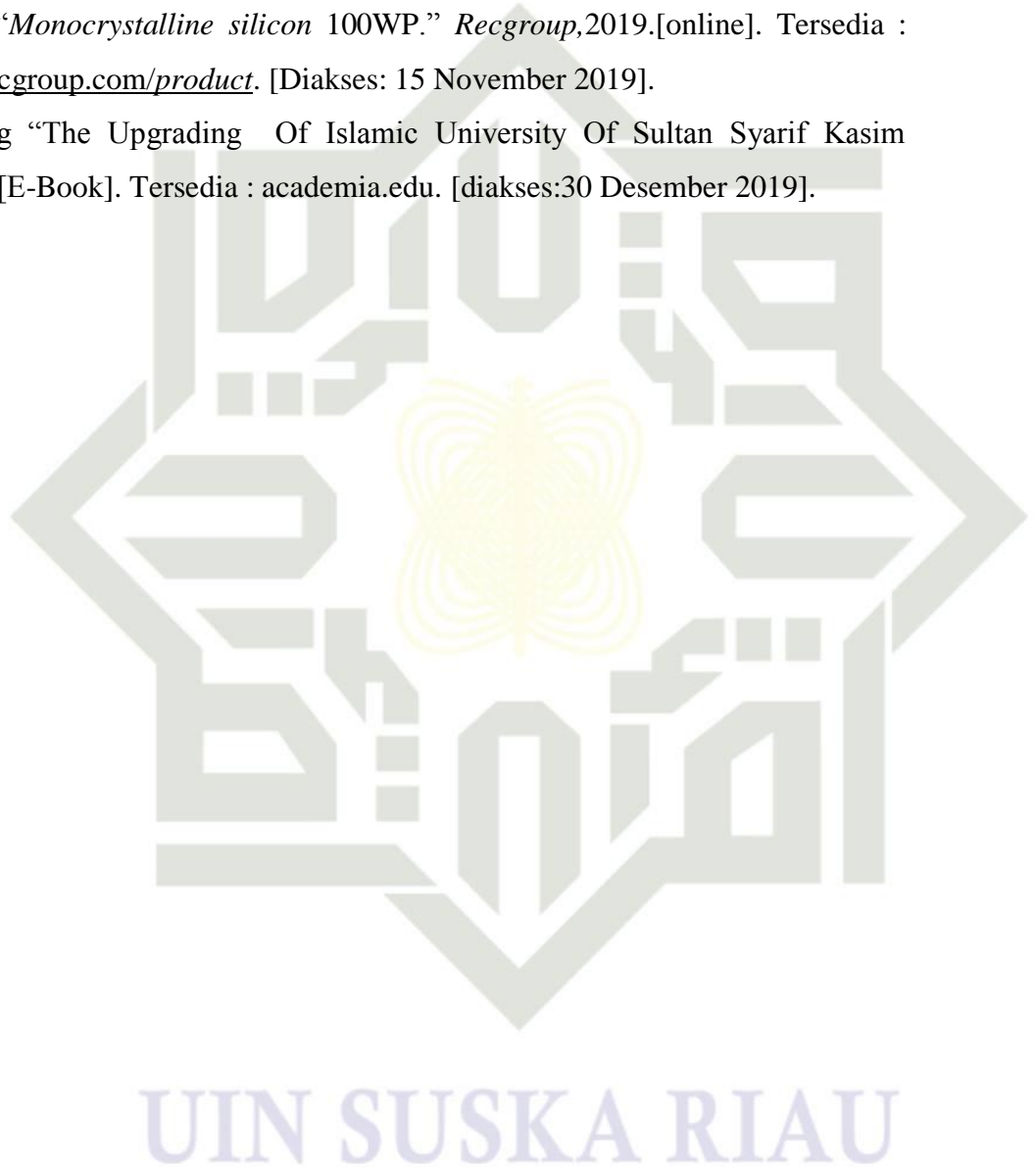
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

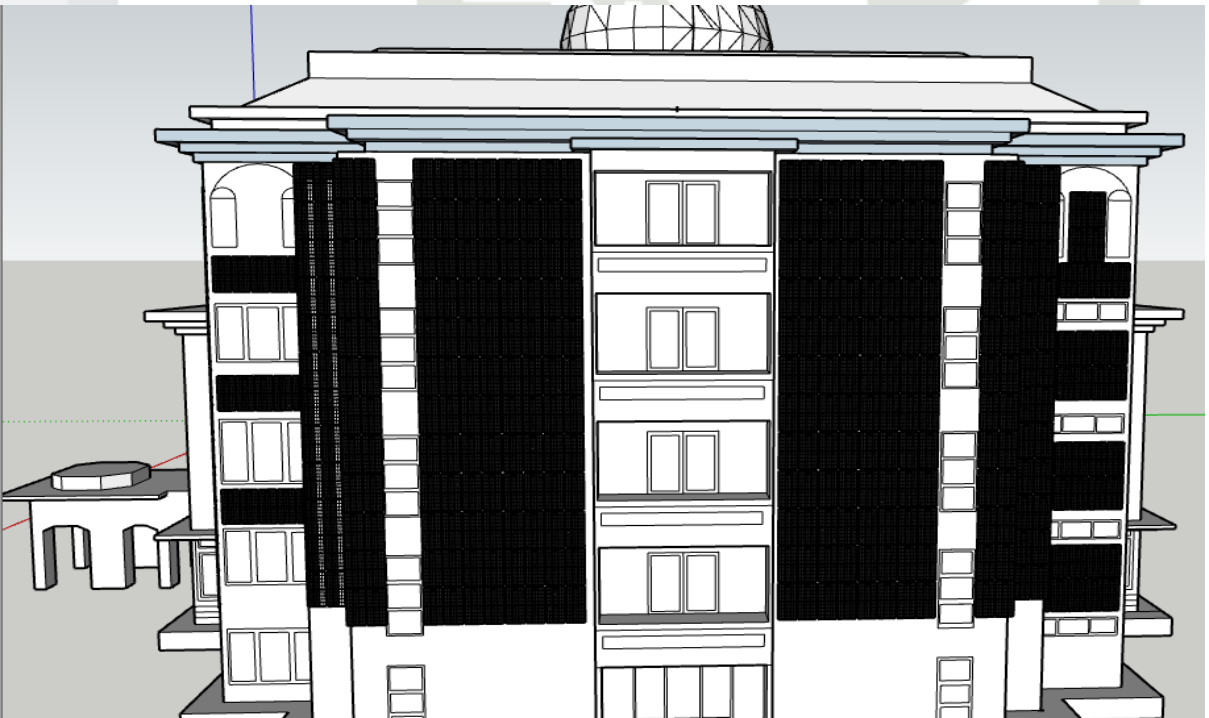
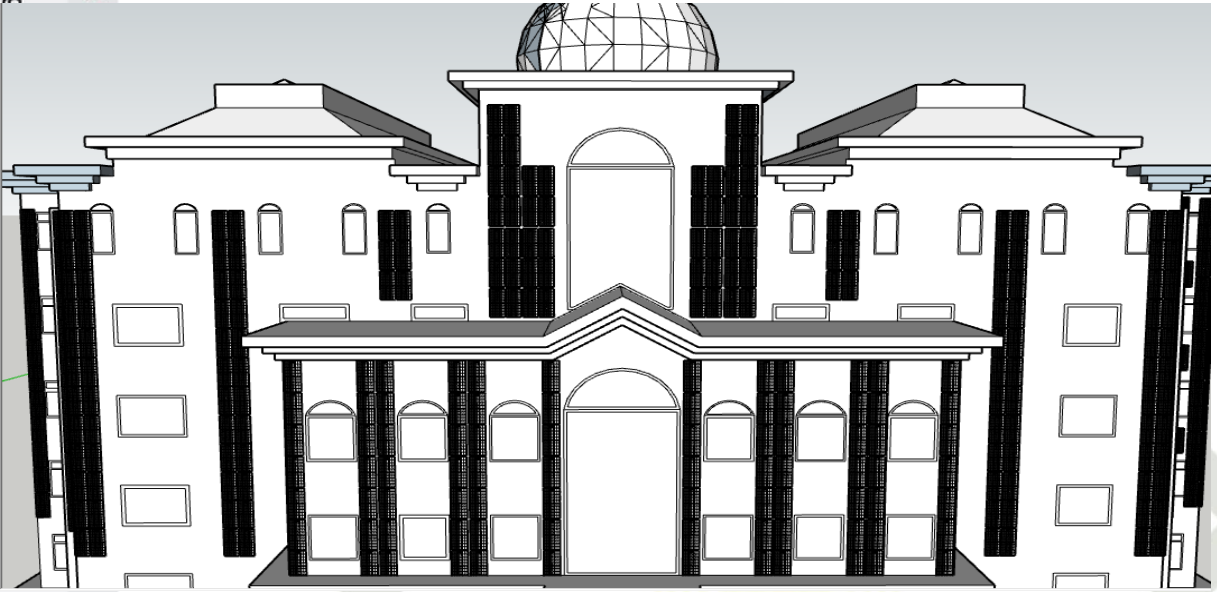
- [25] Lazman, Muhammad, dkk, 2017. ” Rancang Bangun *Tile Server* (Studi Kasus: UIN Suska Riau)”JurnalSeminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 9. ISSN (Printed) : 2579-7271. Uin Suska Riau, Pekanbaru, 2017.
- [26] PV Watt ”PVWatt Viewer Solar Businnes Hub Resources V6 API”
- [27] NASA POWER “Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER)”[online]. Tersedia : <http://Power.larc.nasa.gov>. [Diakses: 15 Desember 2019].
- [28] Solar Panel, “*Monocrystalline silicon 100WP.*” *Recgroup*,2019.[online]. Tersedia : <http://www.recgroup.com/product>. [Diakses: 15 November 2019].
- [29] Built Drawing “The Upgrading Of Islamic University Of Sultan Syarif Kasim Project”2009.[E-Book]. Tersedia : academia.edu. [diakses:30 Desember 2019].

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LAMPIRAN

HASIL PEMASANGAN PV REKTORAT MENGGUNAKAN SKETCUP PRO 2019



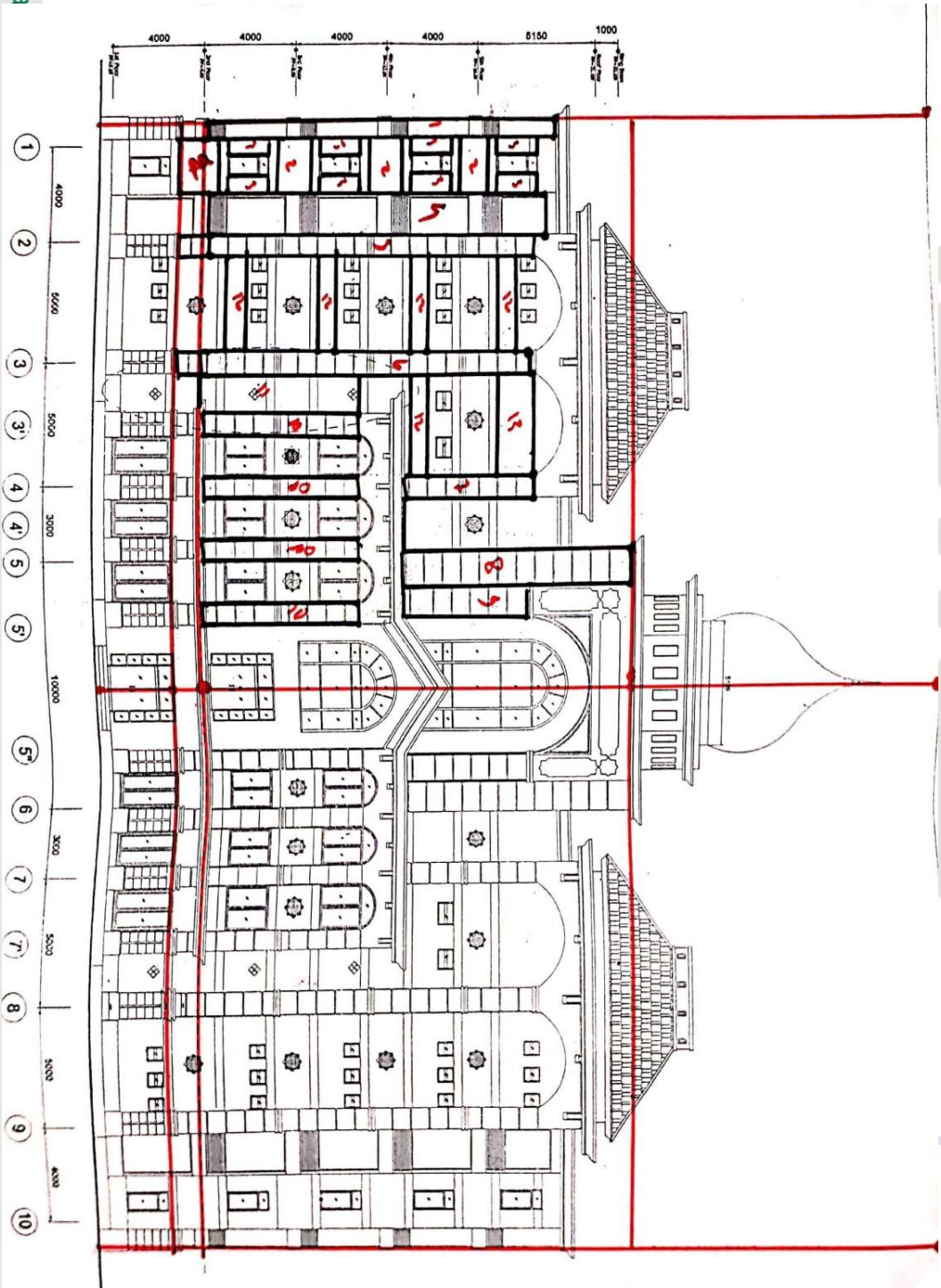
© Hak cipta ri

Hak Cipta Dilindungi Undang

rif Kasim Ri

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PEMILIHAN LOKASI YANG AKAN DIPASANG PV PADA GEDUNG REKTORAT

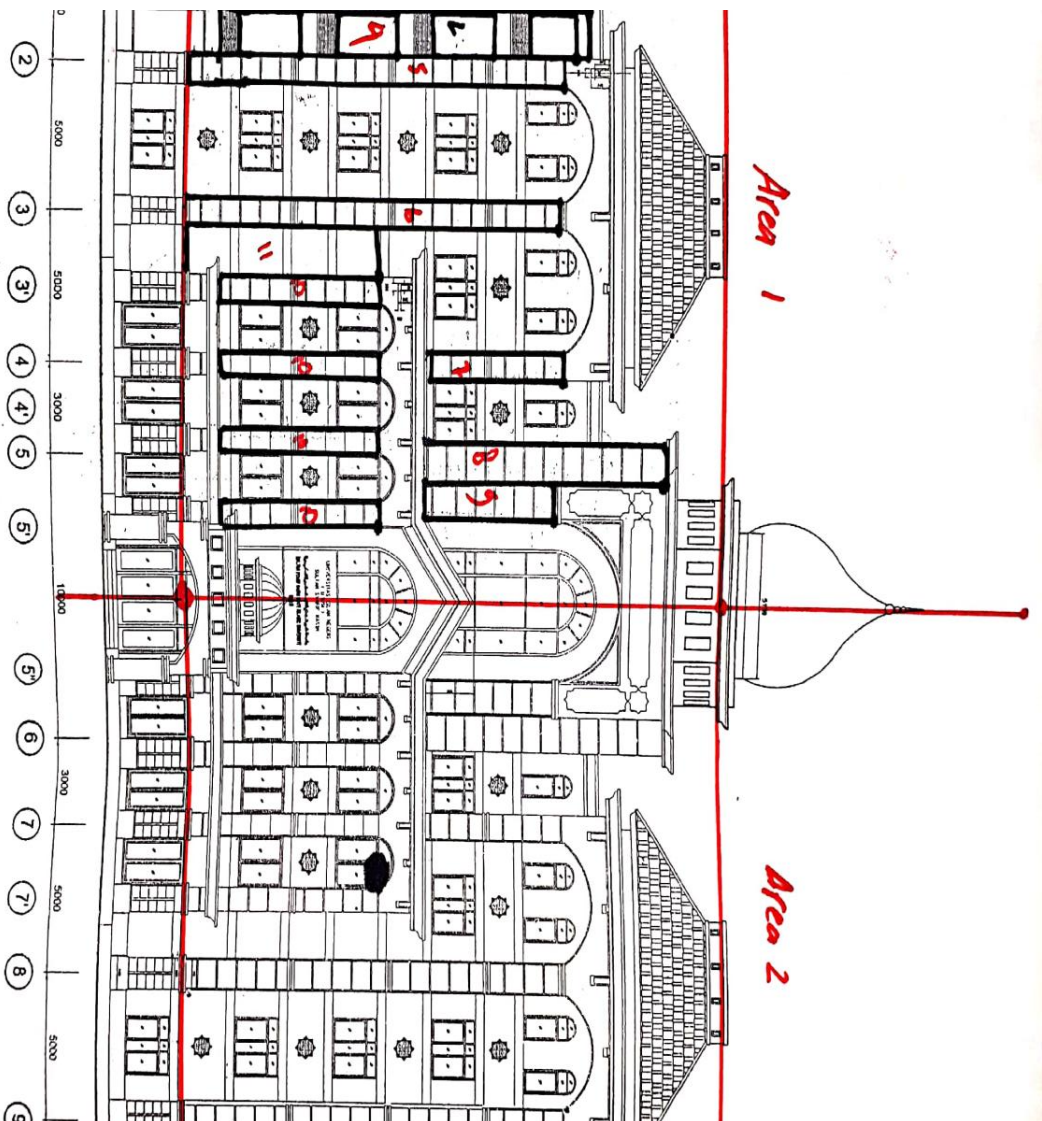


© Hakcipta

Syarif Kasim Ri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



FRONT SIDE ELEVATION

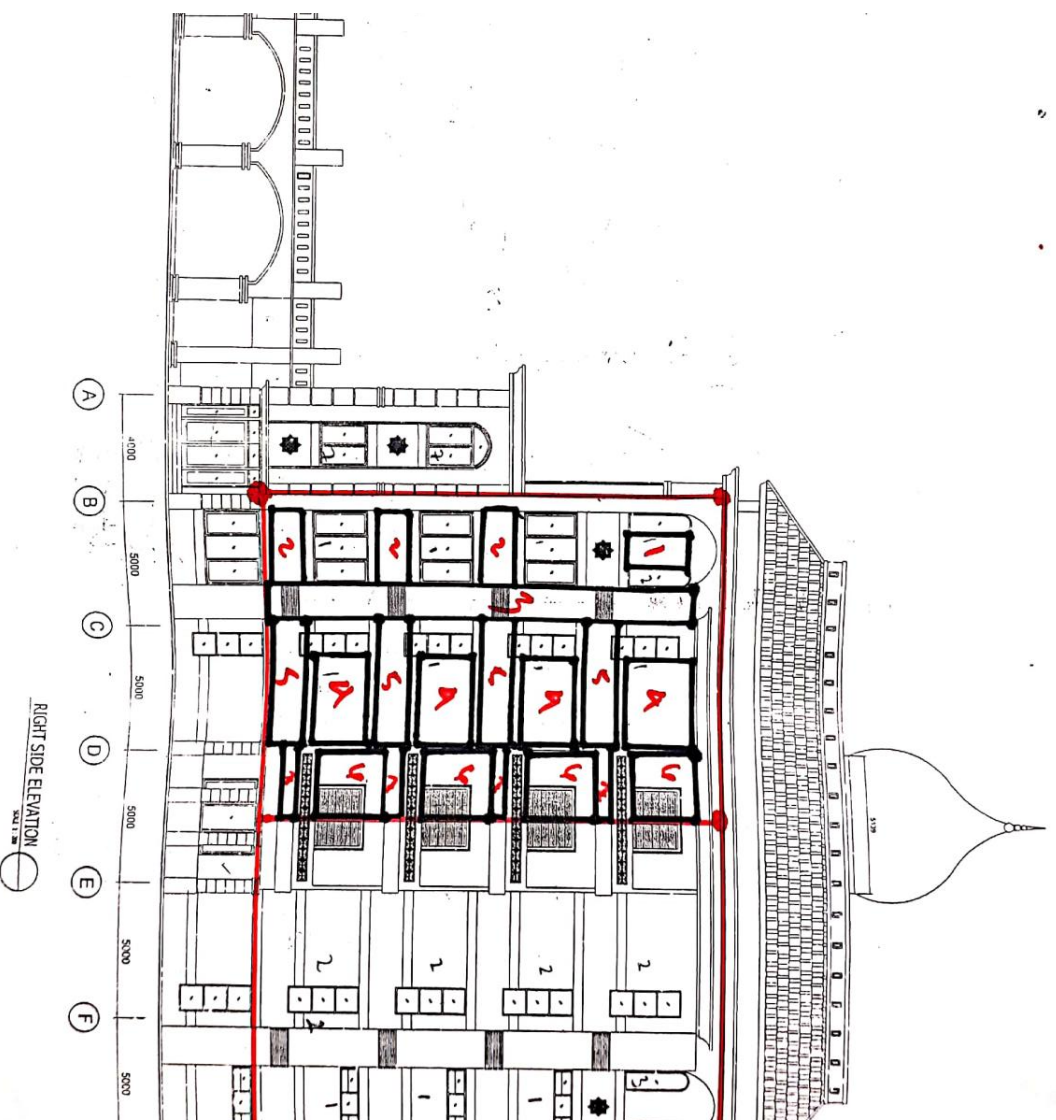
© Hana Nur Hafidha, 2023

Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





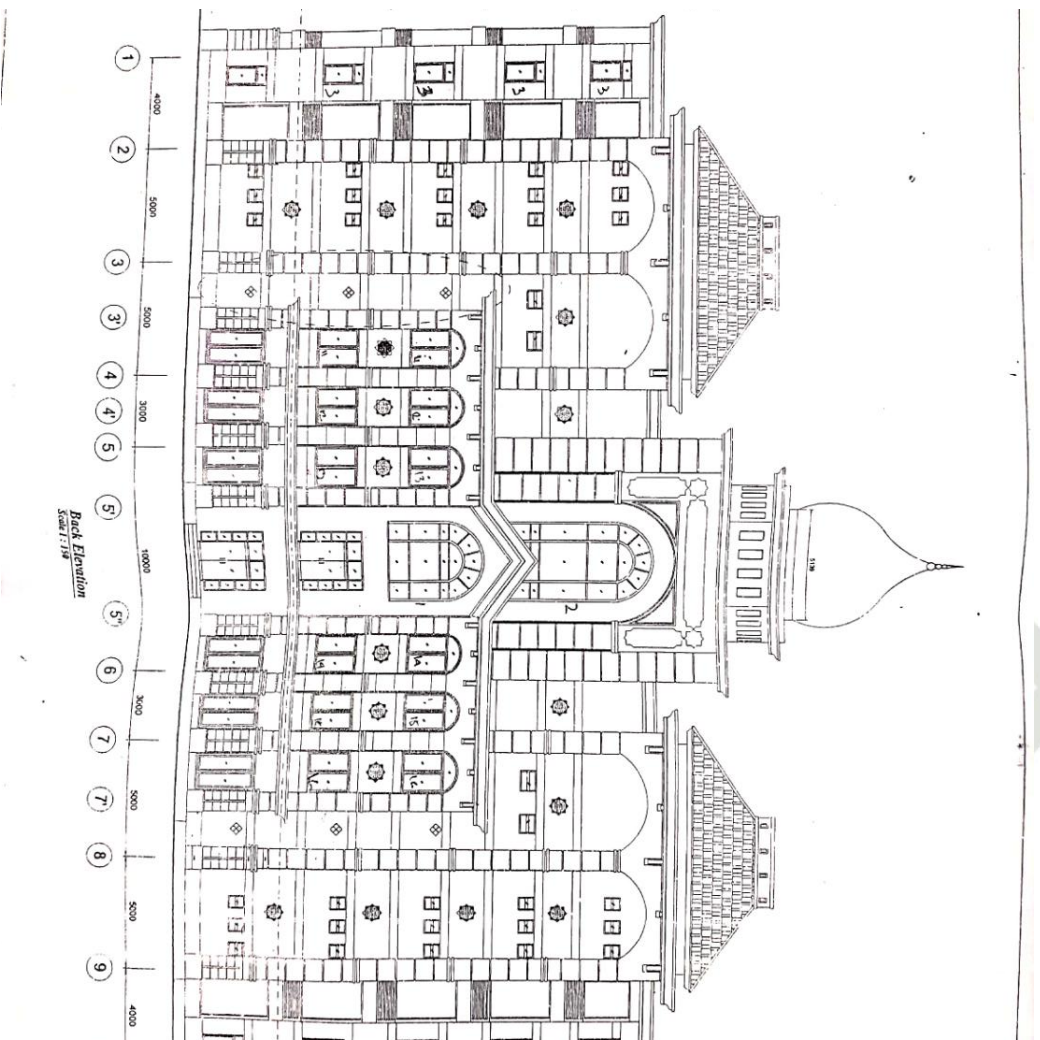
© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KONSTRUKSI BANGUNAN REKTORAT UIN SUSKA RIAU



© Hakcipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Ri

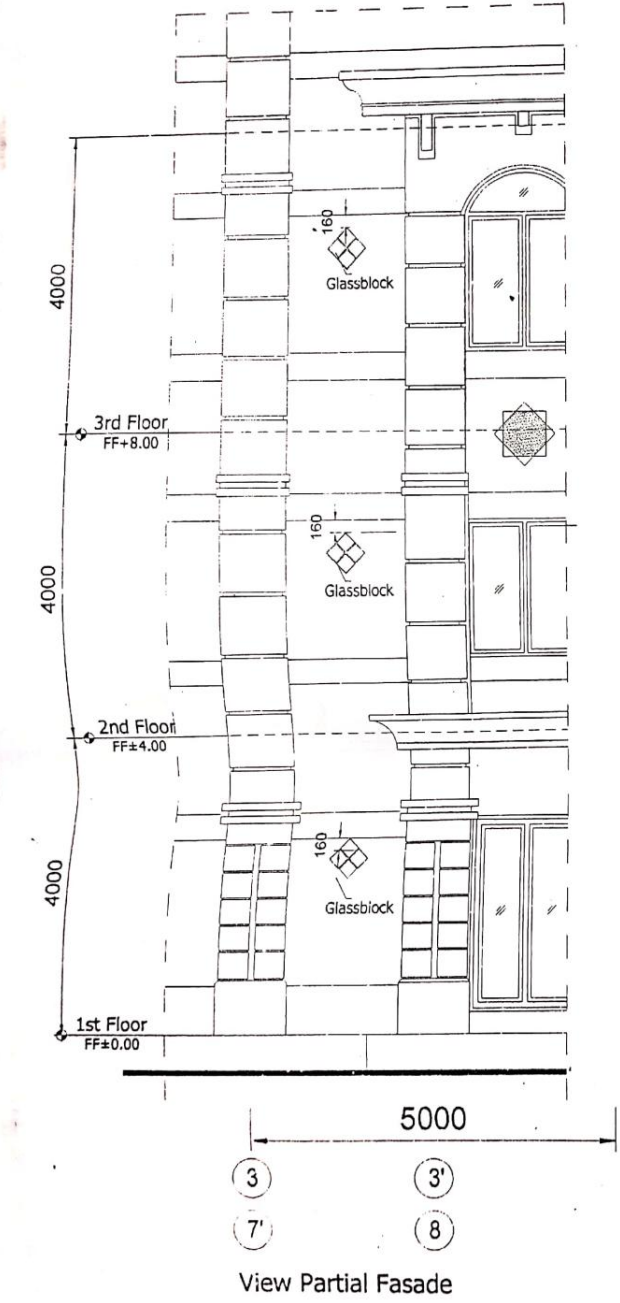
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

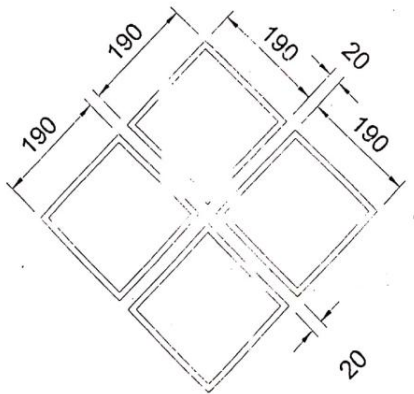


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

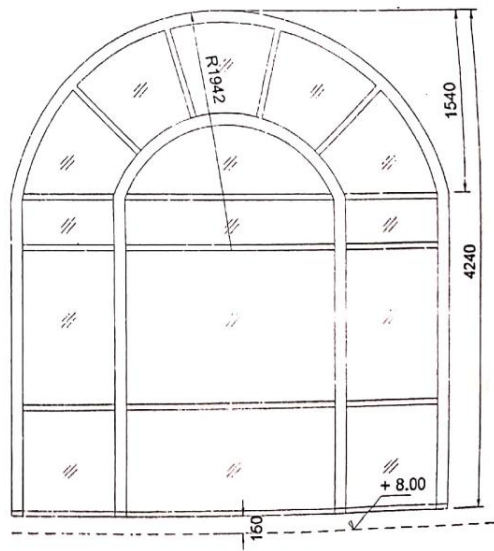
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



View Partial Fasade

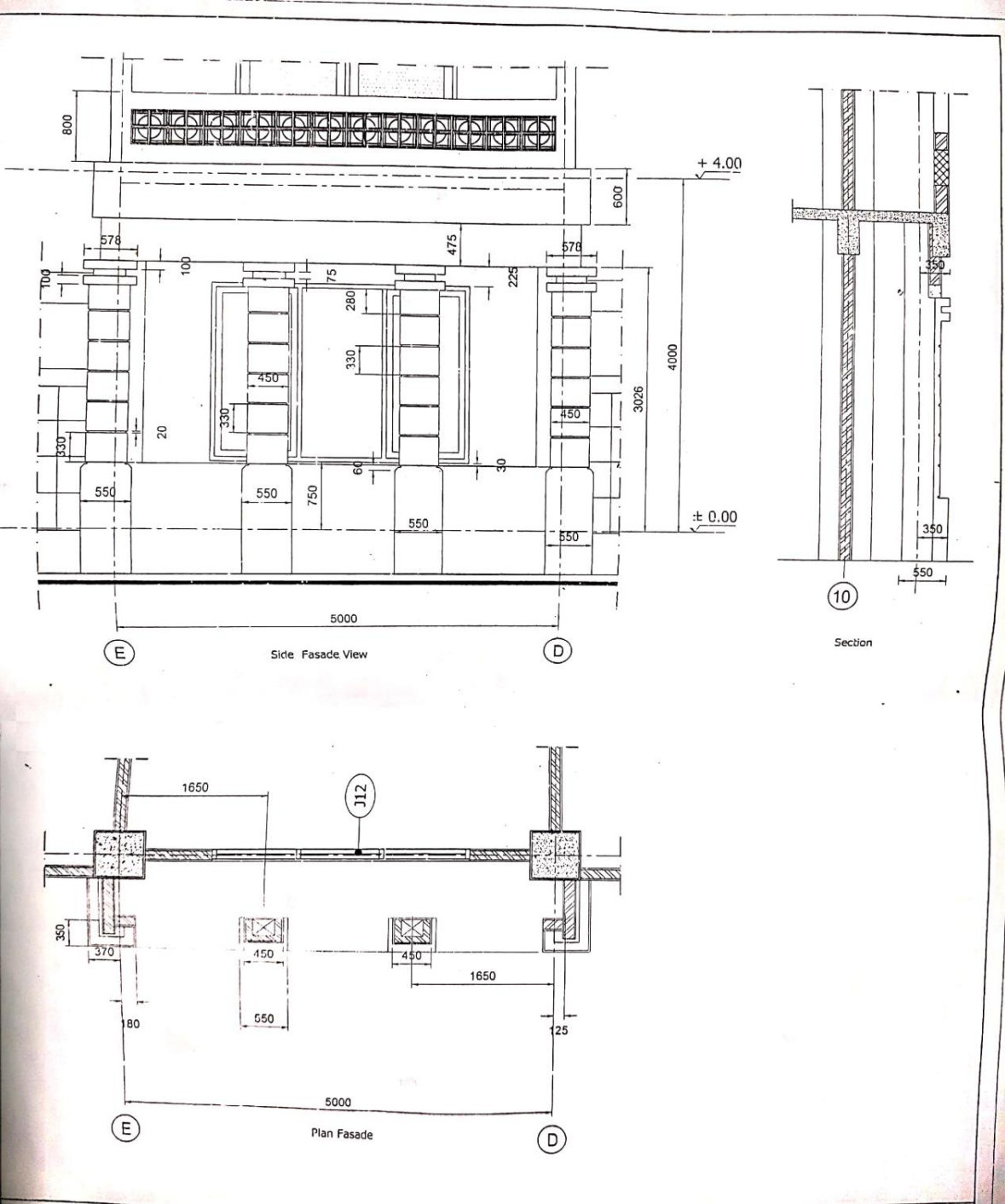


View Glassblock



View Window (JB) Back Elevation

Hak Cipta

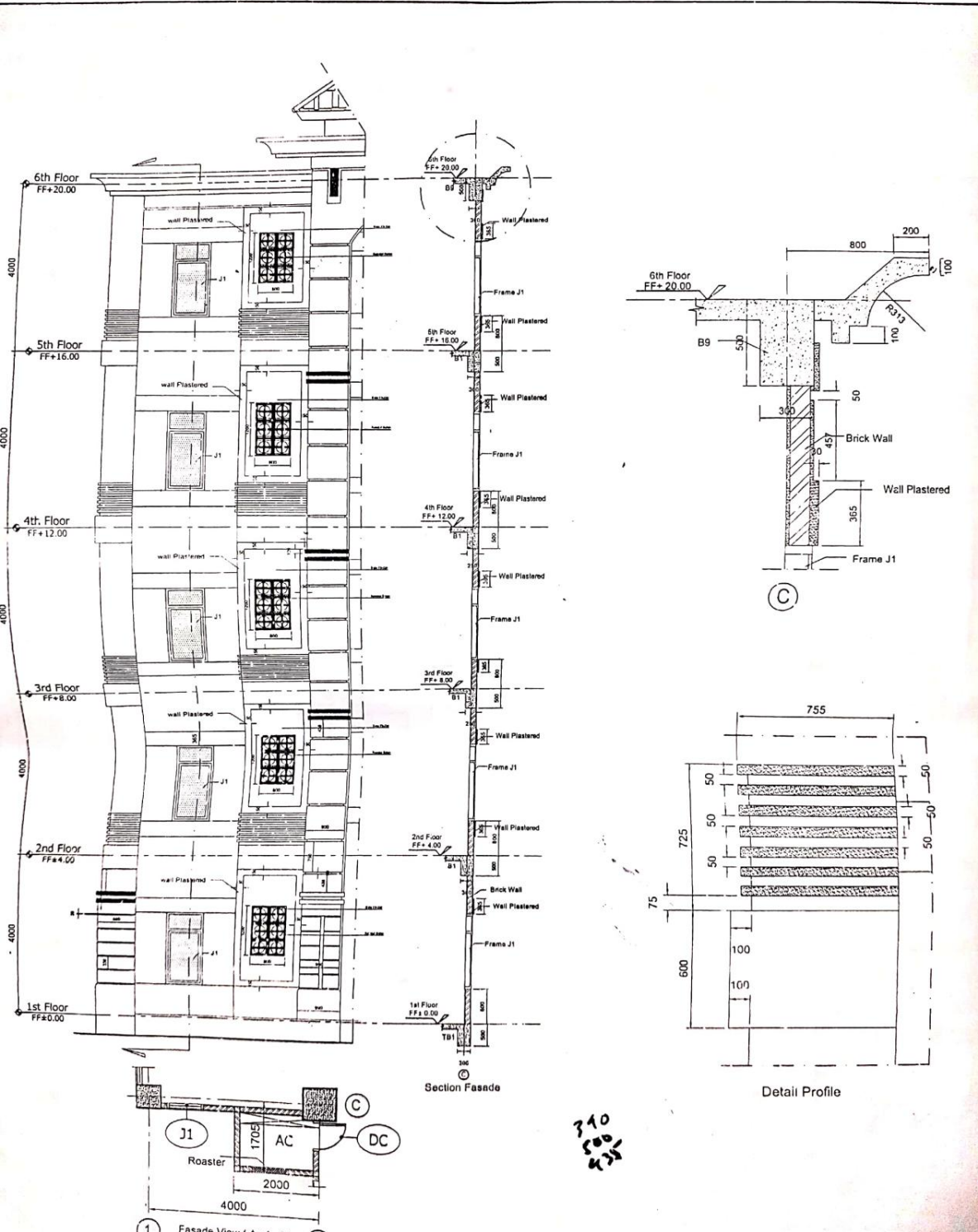


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta

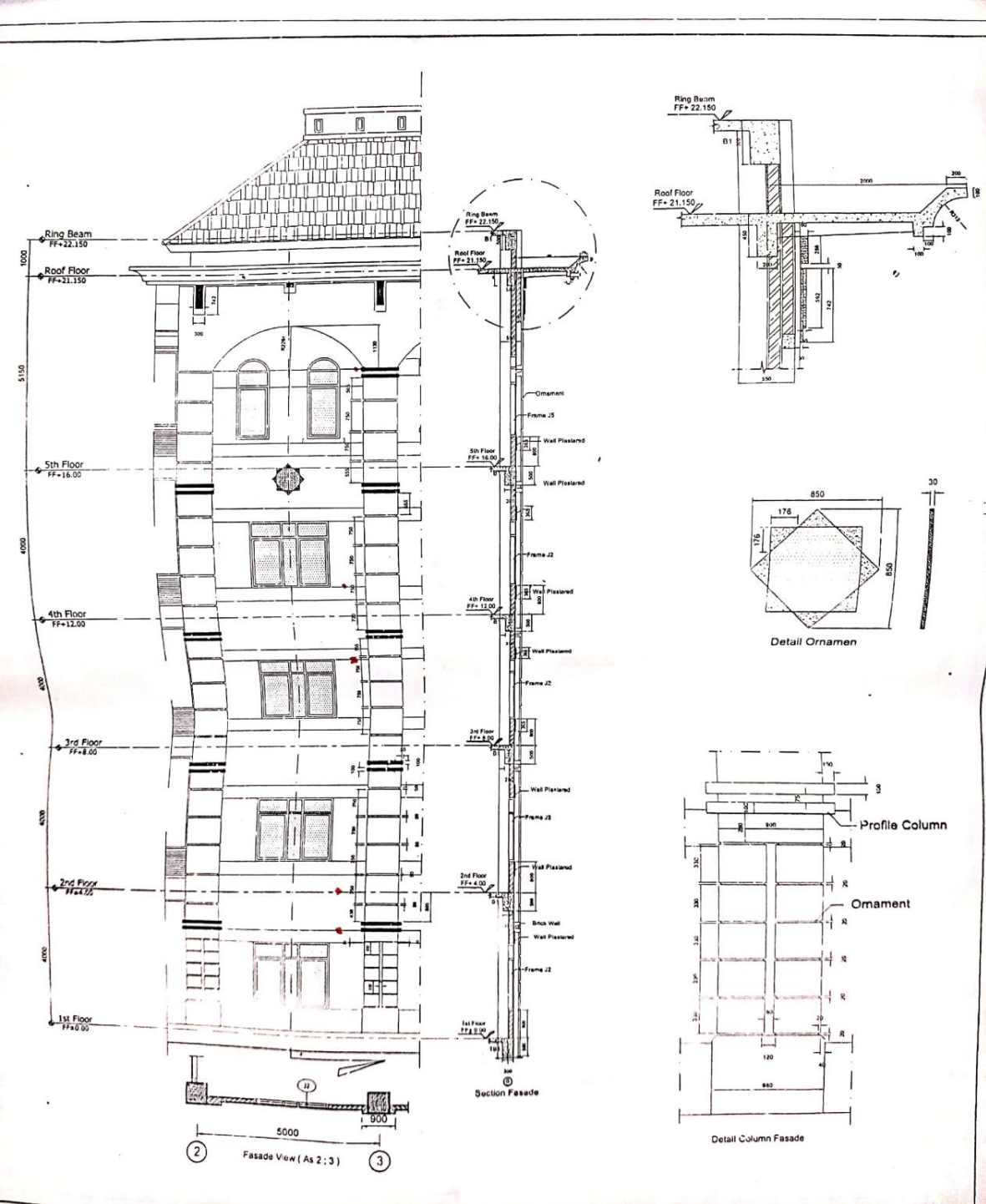


1710
1710
1710

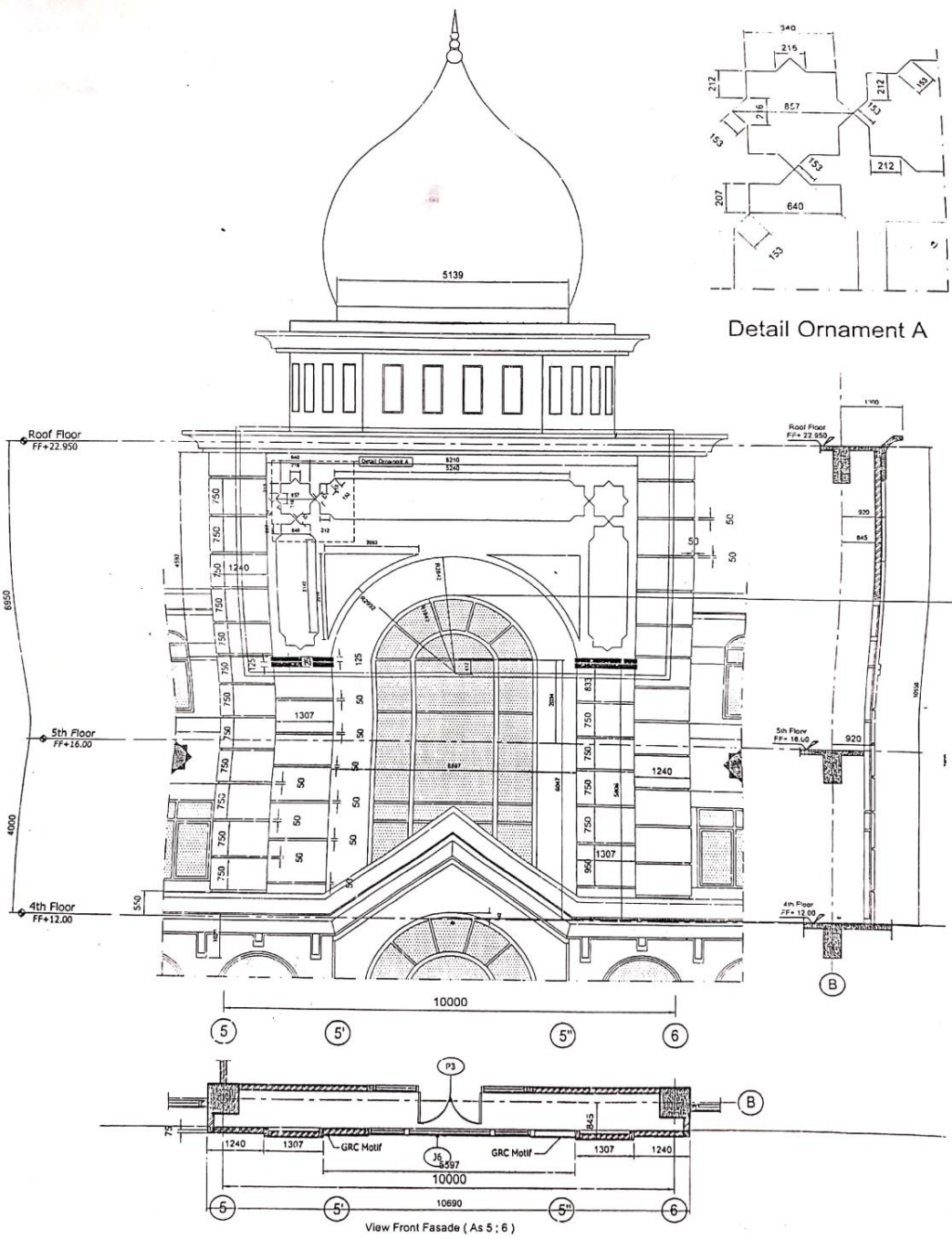
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta

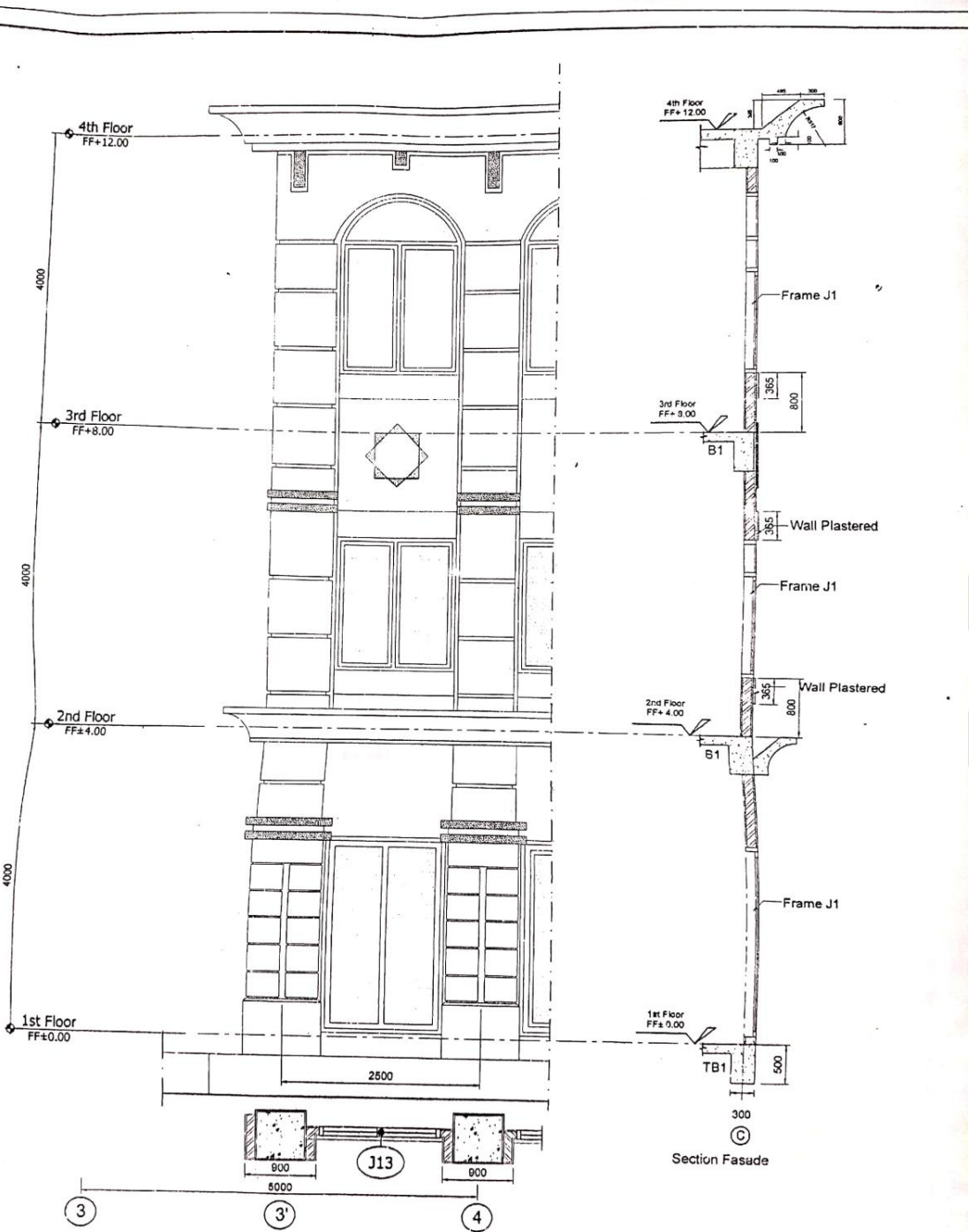
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

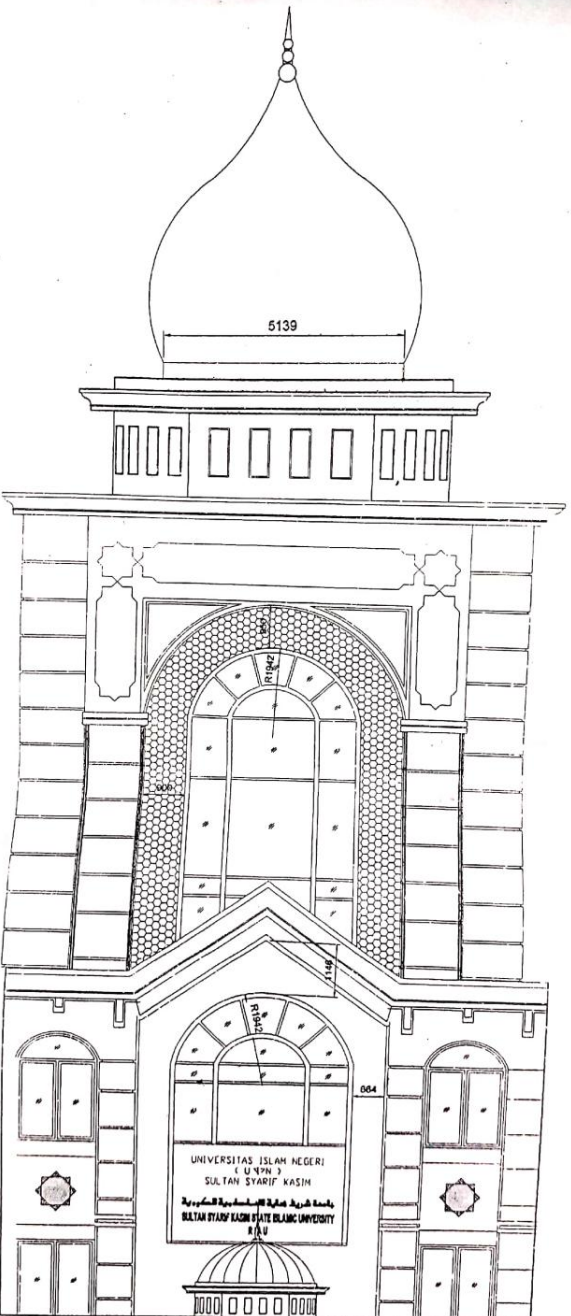


1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





© Ha

Hak Cipta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

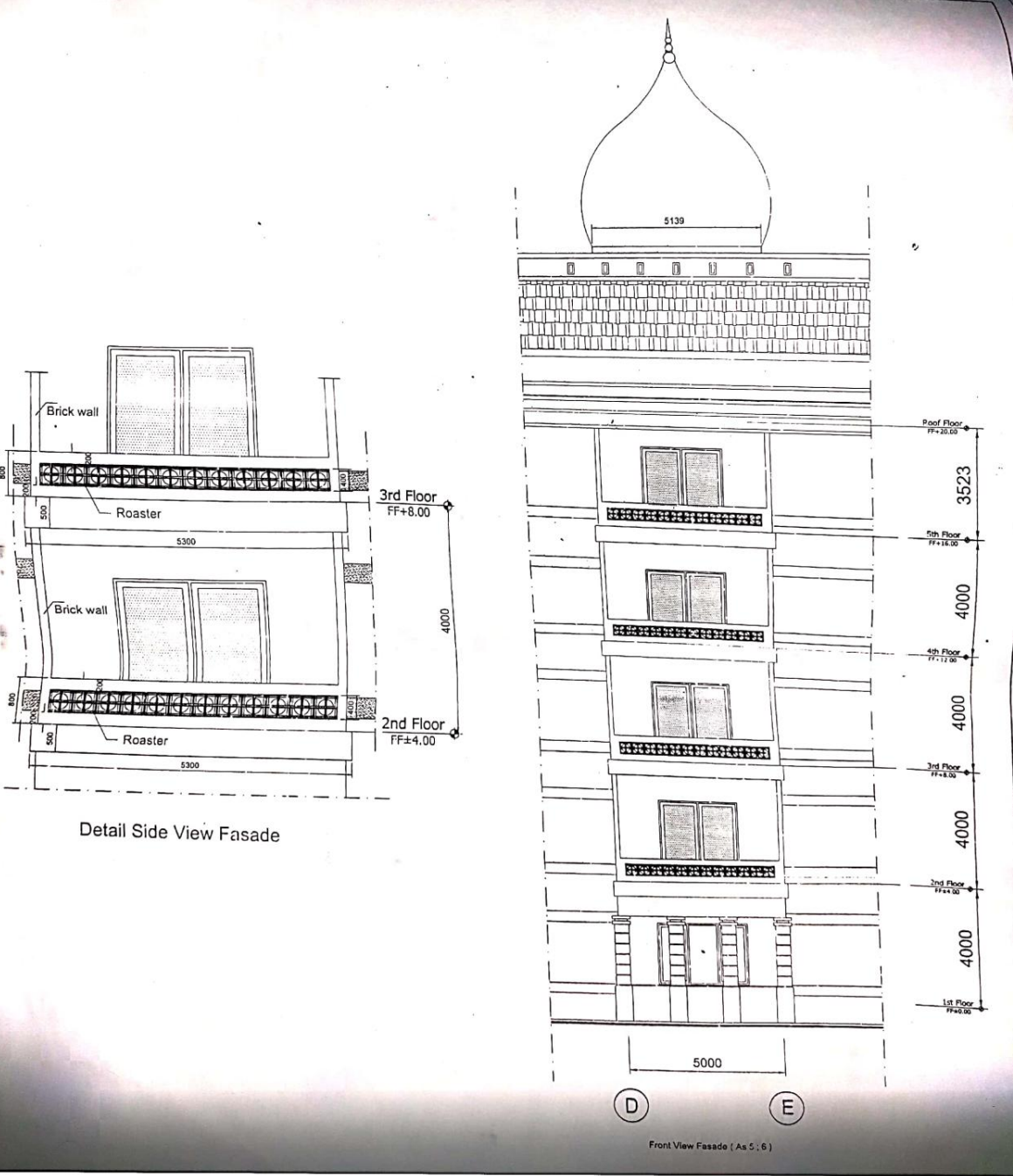
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

of Sultan Syarif Kasim Ri



RIAU

Hak Cipta:



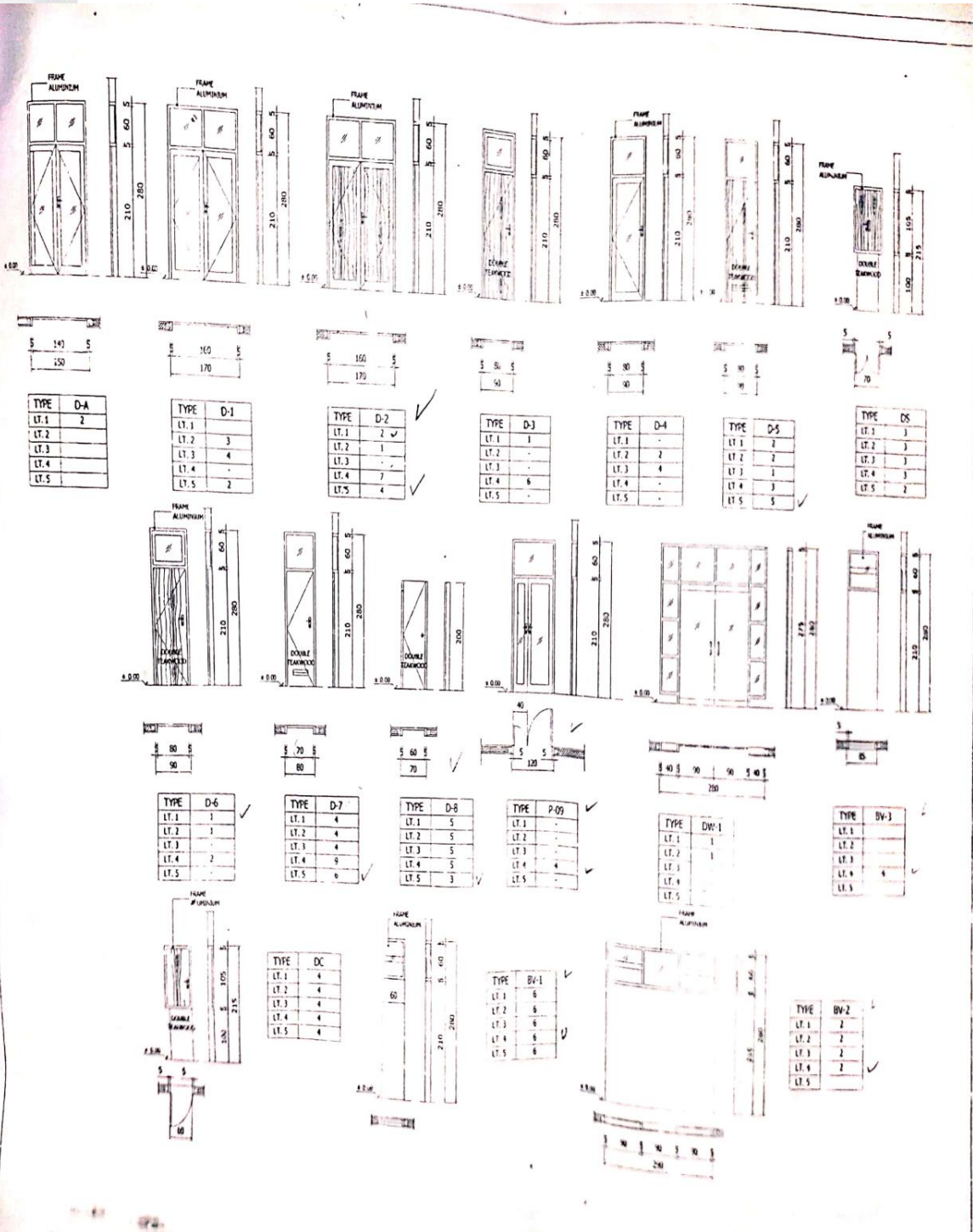
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

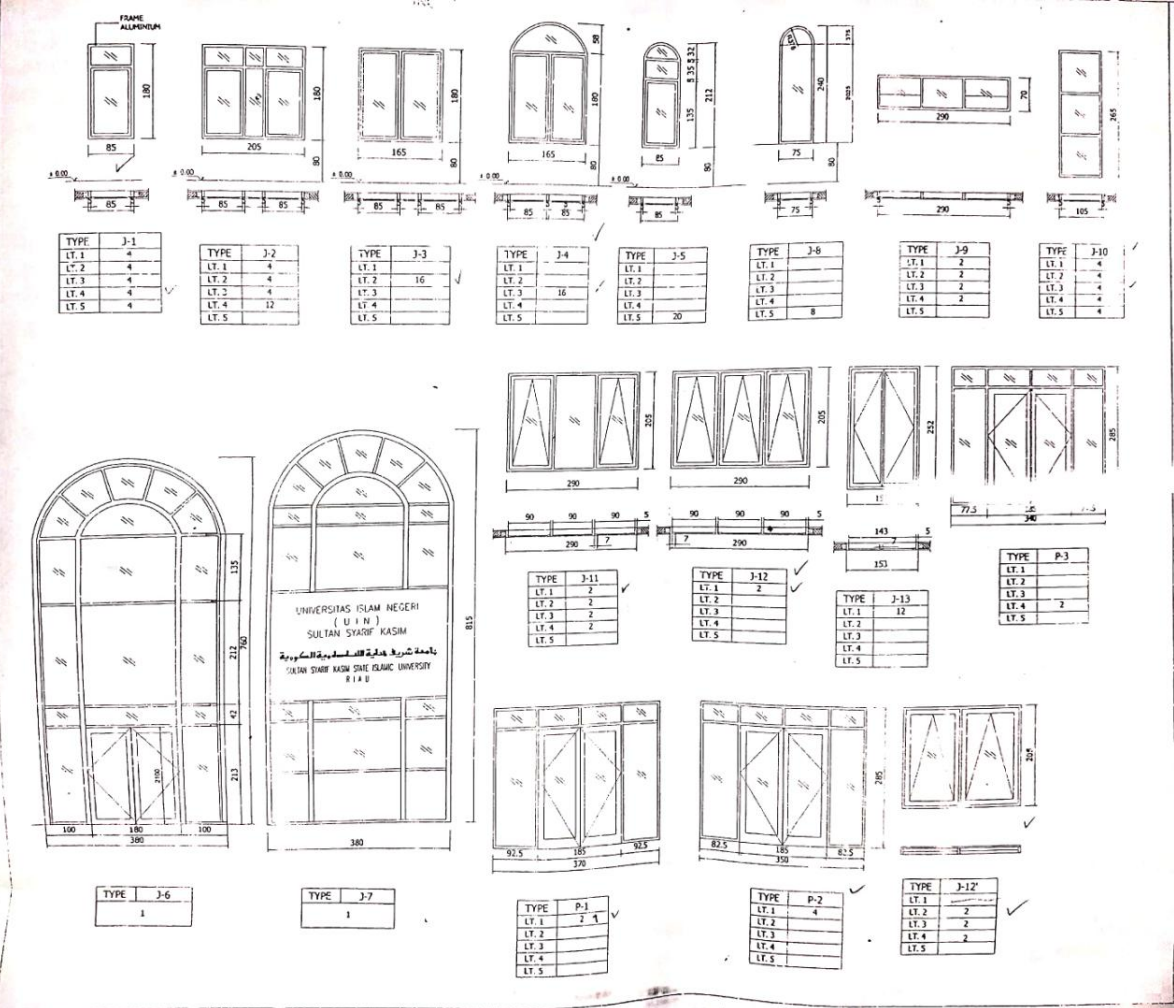
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

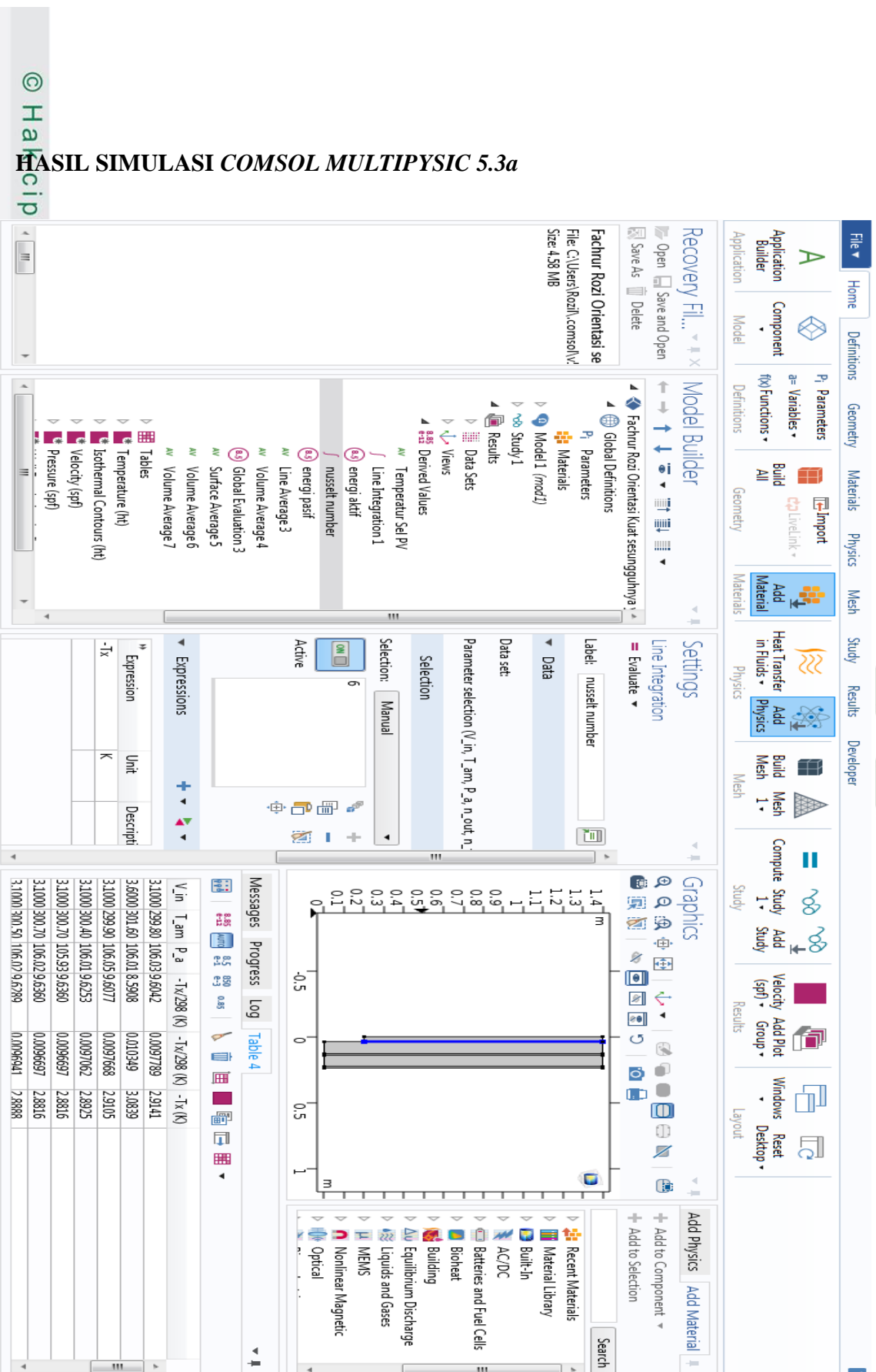
Hak Cipta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





HASIL SIMULASI COMSOL MULTIPYSIC 5.3a

Hak Cipta Dilinc

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



The screenshot displays the ANSYS Fluent software interface. The main window shows a 2D plot of temperature distribution on a surface. The plot is titled "Surface: Temperature (K)" and shows a color gradient from blue (274 K) to red (292 K). The plot is set to "2D Plot Group" and "Plot" type. The "Settings" panel shows the plot is labeled "Temperature (ht)" and the data set is "Temperature Set pv". The "Graphics" panel shows the plot is evaluated and the first and second points for the cut line are selected. The "Table" panel shows the following data:

V_in	T_am	P_a	n_out	n_thb	n_in	q_grad	efisiensi sel PV (K)	efisiensi sel PV (K)	efisiensi sr
0.90000	299.75	99.700	9.6040	2.9140	0.0090000	84.000	0.18424	0.18400	0.18399
0.90000	299.95	99.700	8.5900	3.0830	0.010000	84.000	0.18417	0.18400	0.18400
1.0000	300.45	99.700	9.6070	2.9100	0.0090000	59.000	0.18425	0.18419	0.18419
0.90000	300.75	99.600	9.6250	2.8920	0.0090000	55.000	0.18418	0.18408	0.18418
0.90000	301.05	99.600	9.6360	2.8810	0.0090000	52.000	0.18420	0.18403	0.18419
1.1000	301.05	99.600	9.6360	2.8810	0.0090000	53.000	0.18430	0.18407	0.18430

arif Kasim Ri

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Recovery Fil...
 Open Save and Open
 Save As Delete
 Fachrud Rozi Orientasi se
 File: C:\Users\Rozi\comsol\W\...
 Size: 4.58 MB

Model Builder
 Results
 Data Sets
 Views
 Derived Values
 Temperature Sel Py
 Line Integration 1
 energi aktif
 energi pasif
 russet number
 Line Average 3
 Volume Average 4
 Global Evaluation 3
 Surface Average 5
 Volume Average 6
 Volume Average 7
 Tables
 Temperature (ht)
 Isothermal Contours (ht)
 Velocity (spf)
 Pressure (spf)
 Wall Resolution (spf)
 Kecepatan
 Suhu
 2D Plot Group 8
 Export
 Reports

Settings
 2D Plot Group
 Plot
 Label Pressure (spf)
 Data
 Data set:
 Parameter value (V_in, T_am, P_a, n_out, n_th, n_in)
 Title
 plot Settings
 View: Automatic
 x-axis label
 y-axis label
 Show hidden entities
 Propagate hiding to lower dimensions
 Plot data set edges
 Color Black
 Frame Spatial (x, y, z)
 Color legend
 Show legends

Graphics
 n=300,15, P_a=99,7, n_out=9,604, n_th=2,914, n_in=0,009
 Contour: Pressure (Pa)
 1.84
 -0.13
 -2.1
 -4.08
 -6.05
 -8.02
 -10
 -11.97
 -13.94
 -15.92

Add physics Add Material
 Add to Component
 Add to Selection
 Search

Messages Progress Log Table 6

V_in	T_am	P_a	n_out	n_th	n_in	q_rad	efisiensi sel PV (%)	efisiensi sel PV (%)	efisiensi sel PV (%)
0.90000	290,75	99,700	9,6040	2,9140	0,0090000	84,000	0,18420	0,18424	0,18399
0.90000	290,95	99,700	8,5900	3,0830	0,010000	84,000	0,18400	0,18417	0,18400
1.0000	300,45	99,700	9,6070	2,9100	0,0090000	84,000	0,18420	0,18425	0,18419
0.90000	300,75	99,600	9,6250	2,8920	0,0090000	84,000	0,18418	0,18408	0,18418
0.90000	301,05	99,600	9,6380	2,8810	0,0090000	84,000	0,18420	0,18403	0,18419
1.1000	301,05	99,600	9,6380	2,8810	0,0090000	84,000	0,18430	0,18407	0,18430

Hak ci

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



The screenshot displays the ANSYS Fluent software interface. The top menu bar includes File, Home, Definitions, Geometry, Materials, Physics, Mesh, Study, Results, Developer, and Velocity (spf). The main workspace is divided into several panels:

- Recovery File:** Shows the current file name "Fachrur Rozi Orientasi se" and its size (4.58 MB).
- Model Builder:** Lists various model settings such as Global Definitions, Parameters, Materials, Model 1 (mod1), Study 1, Results, Data Sets, Views, Derived Values, Temperature Sel PV, Line Integration 1, energi aktif, nusselt number, energi pasif, Line Average 3, Volume Average 4, Global Evaluation 3, Surface Average 5, Volume Average 6, Volume Average 7, Tables, Temperature (ht), Isothermal Contours (ht), Velocity (spf), and Pressure (spf).
- Settings:** Configures the 2D Plot Group, including the label "Velocity (spf)", data set, parameter value, and plot settings (Automatic view, x-axis label, y-axis label, and plot data set edges).
- Graphics:** Displays a 2D plot of "Velocity magnitude (m/s)" on a surface. The plot shows a color gradient from blue (low velocity) to red (high velocity). The axes range from -0.5 to 0.5 m.
- Messages:** Shows a table of simulation results for 6 iterations.

V_in	T_am	P_a	n_out	n_ttb	n_in	q_rad	efisiensi sel PV (K)	efisiensi sel PV (K)	efisiensi sr
0.90000	299.75	99.700	9.6040	2.9140	0.0090000	84.000	0.18400	0.18424	0.18399
0.90000	299.95	99.700	8.5900	3.0830	0.010000	84.000	0.18400	0.18447	0.18400
1.0000	300.45	99.700	9.6070	2.9100	0.0090000	59.000	0.18420	0.18425	0.18419
0.90000	300.75	99.600	9.6250	2.8920	0.0090000	55.000	0.18418	0.18408	0.18418
0.90000	301.05	99.600	9.6360	2.8810	0.0090000	52.000	0.18420	0.18403	0.18419
1.1000	301.05	99.600	9.6360	2.8810	0.0090000	53.000	0.18430	0.18407	0.18430

f Kasim Ri

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.





DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Fachrur Rozi, lahir di Lubuk Siam 26 Februari 1997 anak pertama dari lima bersaudara dari Bapak Agogo dan Ibu Tete yang beralamat di Dusun III Kampung Tengah RT.001/RW.004 Desa Lubuk Siam kecamatan Siak Hulu Kabupaten Kampar Provinsi Riau.

Penulis dapat dihubungi melalui :

Email : fachrurrozi404@gmail.com

Hp : 082287899689

Pengalaman pendidikan yang pernah ditempuh penulis dimulai dari SDN 005 Lubuk Siam Tahun 2003 – 2009 dan dilanjutkan di SMPN 1 Siak Hulu Tahun 2009 – 2012, kemudian melanjutkan di SMAN 2 Siak Hulu pada Tahun 2012 – 2015. Pada tahun 2015 penulis melanjutkan kuliah di perguruan tinggi UIN SUSKA RIAU Progam Studi Teknik Elektro Konsentrasi Energi dengan penelitian Tugas Akhir dengan judul “Pemodelan *Building Intergrated Photovoltaic* (BIPV)(Studi Kasus : Gedung Rektorat Uin Suska Riau)”