

1. PENDAHULUAN

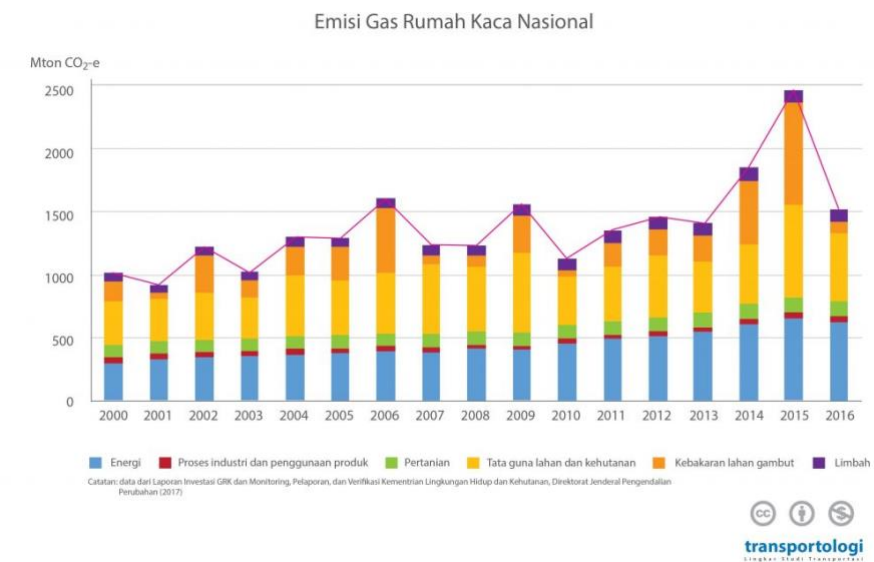
1.1 Latar Belakang Fenomena

Perubahan iklim/*climate change* merupakan suatu fenomena yang tidak dapat dihindari, apabila tidak ada antisipasi maka efek jangka panjangnya dapat membuat kepunahan kepada lingkungan, hewan, tumbuhan maupun manusia (Gambar 1.1). Perubahan iklim/*climate change* yang berlangsung saat ini dengan fenomena pemanasan global (*Global Warming*) sudah dalam posisi yang mengkhawatirkan dan mengancam kehidupan manusia (*Perubahan Iklim Dan Energi Bersih*, 2013). Pemanasan global yang dikarenakan emisi CO₂ di lapisan atmosfer menyebabkan efek rumah kaca yang menyebabkan suhu permukaan bumi naik dan menyebabkan bencana dan kerusakan lingkungan (Jati, 2021). Berdasarkan Pratiwi & Hermana (2013), Sektor energi merupakan penyumbang terbesar gas rumah kaca khususnya CO₂ dibandingkan sektor lain seperti transportasi dan industri. Hal tersebut didukung oleh Statistic Transpotologi (2019), emisi gas rumah kaca di Indonesia semakin naik tiap tahun. Salah satu faktor yang memiliki kontribusi cukup tinggi pada emisi CO₂ adalah pemakaian energi (Gambar 1.2). Menurut Febrina & Harki (2021), Emisi CO₂ terbesar dari sektor energi yaitu penggunaan energi listrik yang berasal dari aktivitas transportasi, industri, serta bangunan baik perumahan dan gedung komersial dengan persentase sebesar 70% dari total keseluruhan sektor penghasil gas emisi rumah kaca (*World Resources Institute* dalam artikel *Our World in Data*, 2021). Berdasarkan Diah's Journal (2022), salah satu kontribusi gas emisi CO₂ terbesar berasal dari penggunaan energi pada bangunan, yaitu sebesar 17,5% dari 70% total penggunaan energi pada transportasi, industri, dan bangunan. Adapun yang mengatakan bahwa bangunan dan industri konstruksi mempunyai andil yang sangat besar pada emisi CO₂ secara global, sehingga pengurangan emisi CO₂ dari sektor bangunan akan memberikan dampak yang besar terhadap perubahan iklim (Umah, 2021). Sehingga dapat disimpulkan bahwa isu akan pemakaian energi pada bangunan memiliki dampak/kontribusi yang negatif terhadap perubahan iklim /*climate change*.



Gambar 1. 1 Ilustrasi karya seni dampak “Climate Change”

Sumber: Graeme MacKay/mackaycartoons.net



Gambar 1. 2 Statistik Emisi Gas Rumah Kaca Nasional

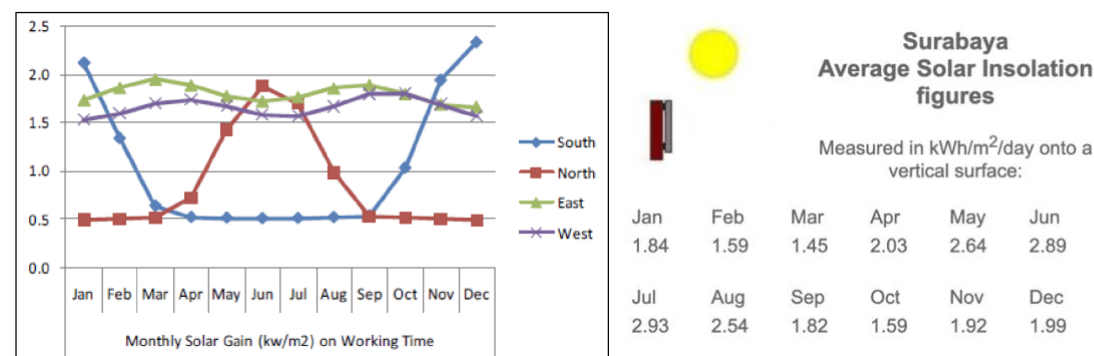
Sumber: <http://transportologi.org/data-kita/berapa-emisi-gas-rumah-kaca-indonesia/>

Akibat adanya fenomena tersebut membuat bangunan menjadi salah satu faktor penyumbang gas emisi (Prabaswara, 2022). Pemakaian energi serta iklim tropis lembab menyebabkan bangunan harus menerapkan aspek arsitektur berkelanjutan untuk mengurangi efek tersebut. Berdasarkan beberapa penelitian, konsumsi energi pada bangunan tinggi dipengaruhi oleh beban *thermal* pada fasad sebagai *envelope* paling besar (Lukman, 2019). Menurut Fahmi & Mutia (2022), jenis bangunan seperti gedung perkantoran/komersial merupakan salah satu objek bangunan dengan konsumsi energi terbesar di

Indonesia. Hal tersebut disebabkan oleh, adanya pemakaian energi listrik terbanyak di sektor komersial dan kantor berada pada *cooling system* seperti penggunaan *Air Conditioner* (Mintorogo, 2007). Berdasarkan artikel berita CNBC Indonesia (2018), AC (*Air-Conditioning*) akan menjadi pengkonsumsi listrik utama di dunia bahkan di Indonesia. Hal ini didukung oleh pemakaian AC di sektor rumah tangga yang selalu meningkat (Rochmi, 2018).

Surabaya, salah satu kota di negara tropis lembab, pada tiga tahun belakangan ini hingga tiga tahun kedepan akan mengalami pertumbuhan pembangunan gedung perkantoran yang cukup signifikan (Laksmiyanti, 2016). Menurut Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya (2019), adanya masalah gas emisi di Surabaya yang nilainya meningkat hingga 144% dari tahun 2014 ke 2019. Hal tersebut merupakan dampak dari banyaknya pemakaian energi khususnya pada *cooling system* di bangunan kantor/komersial. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa radiasi matahari yang masuk mempengaruhi ketidaknyamanan termal yang menyebabkan masyarakat menggunakan *Air Conditioner* atau *Mechanical Cooling* (Santoso, E. I., 2012; Amelia, N., 2018; De Carli, M., & Tonon, M., 2011).

Kondisi Surabaya yang memiliki tingkat solar radiasi yang cukup tinggi memberikan pengaruh terhadap kenyamanan termal sehingga beban pendinginan pun naik (Mintorogo, 2007). Pada gambar 1.3 dapat terlihat bahwa tingkat radiasi yang berada di Surabaya cukup tinggi beserta temperaturnya. Menurut Krisnawan & Susanto (2022), *building envelope* / fasad pada bangunan tinggi memiliki rasio tertinggi yang dapat dimanfaatkan untuk mengurangi radiasi matahari yang masuk. Sehingga hal tersebut dapat menjadikan solusi terhadap pemakaian energi khususnya pada bangunan tinggi di sektor komersial.



Gambar 1. 3 Solar radiasi di Surabaya

Sumber: Zina, M. H. M., Jamilb, M., Ibrahim, N. L. N., & Tazilanb, A. S. M. (2018) &

<http://solarelectricityhandbook.com/solar-irradiance.html>

Penerapan fasad *double skin* pada *envelope* bangunan dapat membantu dalam mengurangi solar radiasi dan beban pendinginan/pemakaian energi pada bangunan. Fasad *double skin* dipercaya mempunyai efisiensi yang lebih baik dalam penggunaan energinya terutama dalam mengurangi solar radiasi dan

thermal / temperatur (Laksmiyanti, 2016). Hal tersebut didukung oleh beberapa penelitian sebelumnya yang mengembangkan atau memberikan ide inovasi pada fasad *double skin* (Barbosa & Ip, 2014). Penelitian lainnya juga mencari beberapa alternatif konfigurasi fasad *double skin* dan mekanisme penyaluran angin dan suhu dalam fasad (Barbosa & Southall, 2015; Khairdzir & Taib, 2020). Beberapa penelitian terdahulu mencoba berbagai alternatif material untuk *external/outer skin glazing*, namun karena biaya instalasi dan material yang mahal mengakibatkan perlu penelitian lebih lanjut terkait material alternatif yang lebih murah (*low-cost*) tetapi juga mampu berperan dalam mengurangi beban pendinginan /*cooling load* dan solar radiasi yang masuk (Barbosa & Ip, 2014; Qahtan et al., 2014). Sehingga dilakukan beberapa penelitian yang mencoba menggunakan elemen air untuk membantu mendinginkan dan mengurangi solar radiasi yang masuk (Piffer et al., 2021). Hal tersebut bertujuan untuk melihat efektivitas dari penerapan air sebagai *cooling system* alami.

Beberapa penelitian terdahulu sudah meneliti mengenai pemakaian air dalam bentuk *spray cooling*, *pipe-embedded*, dan *water flow film* pada iklim kering dan tropis (Esparza-López et al., 2022; Qahtan et al., 2011; Sotelo-Salas et al., 2021; Shen & Li, 2017; Khadra & Chalfoun, 2014). Terdapat penelitian pada iklim tropis lembab dalam penggunaan elemen air, salah satu penelitian tersebut menerapkan pada *skylight* untuk melihat efektivitas dalam mereduksi solar radiasi dan temperatur (Mintorogo, 2007). Adapula yang meneliti pada *single façade* namun dialiri oleh air atau *water-based liquid window* (Piffer et al., 2021). Beberapa penelitian terdahulu juga mengungkapkan bahwa penggunaan *water flow window* mampu mengurangi beban pendinginan dan solar radiasi lebih efektif daripada *water based window* (Claros-Marfil et al., 2022; Gutai & Kheybari, 2021). Namun masih belum ada yang meneliti penerapan air terhadap fasad *double skin* di iklim tropis lembab, khususnya di daerah Indonesia. Padahal Indonesia memiliki potensi untuk mendapatkan air secara alami yaitu dengan pemanfaatan air hujan (Indriatmoko & Rahardjo, 2015). Pemanfaatan air ini dapat sebagai material yang *sustainable/* berkelanjutan sehingga memiliki efisiensi yang cukup baik dan biaya yang murah, selain itu pembuatan yang cukup efektif dan konvensional menjadi pertimbangan untuk diteliti lebih lanjut. Sehingga penelitian ini akan berfokus pada pemanfaatan air hujan dengan metode *water flow window* di iklim tropis lembab sebagai solusi alternatif yang alami pada fasad *double skin*. Oleh karena itu, diperlukan adanya penelitian terhadap penerapan elemen air pada fasad *double skin* dalam mengurangi solar radiasi dan beban pendinginan pada bangunan tinggi di Indonesia khususnya Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh perletakan air pada fasad *double skin* dalam mengurangi solar radiasi dan beban pendinginan pada permukaan fasad serta ruang kerja di gedung perkantoran Surabaya?

2. Bagaimana pengaruh konfigurasi perletakan modul fasad *double skin* dengan air terhadap pengurangan beban pendinginan yang dihasilkan di gedung perkantoran Surabaya?
3. Bagaimana implementasi model fasad *double skin* dengan air yang sesuai terhadap desain bangunan perkantoran pada studi kasus?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencari desain konfigurasi fasad *double skin* dengan air yang dapat mengurangi solar radiasi pada fasad bangunan kantor sehingga dapat mengurangi pemakaian AC atau *cooling loads performance* dalam bangunan.

Analisa simulasi Ecotect dilakukan untuk mencari:

1. Pengaruh perletakan air pada fasad *double skin* dalam mengurangi solar radiasi dan pengurangan beban pendinginan pada permukaan fasad serta ruang kerja di gedung perkantoran Surabaya.
2. Pengaruh konfigurasi perletakan modul fasad *double skin* dengan air terhadap pengurangan beban pendinginan yang dihasilkan di gedung perkantoran Surabaya.
3. Implementasi model fasad *double skin* dengan air yang sesuai terhadap desain bangunan perkantoran pada studi kasus.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah penelitian ini dapat menjadi masukan dalam merancang sebuah desain fasad *double skin* yang mampu mengurangi pemakaian AC akibat solar radiasi dalam ruangan dengan memanfaatkan sumber air yang melimpah pada iklim tropis lembab.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian ini hanya berfokus pada eksperimen konfigurasi fasad *double skin* yang menggunakan *water flow window* terhadap efektifitas mengurangi solar radiasi dan beban pendinginan dalam ruangan. Uji coba model simulasi akan dilakukan untuk menghasilkan beberapa temuan sebagai indikator dalam mendesain. Ada beberapa batasan yang ada dalam penelitian ini yaitu, penelitian uji coba model dilakukan untuk membuktikan secara terukur bahwa penerapan elemen air dan kombinasi pada fasad *double skin* dapat memiliki potensi sebagai material alternatif *low-e*. Dalam penelitian ini tidak dilakukan pengujian terhadap cahaya/*daylight*, daya serap akustik, kekuatan, kekerasan dan daya tahan tekan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi luasnya konteks penelitian.

1.6 Research Gap

Tabel 1. 1 Kajian Literatur

No	Judul Jurnal	Jenis Fasad Bangunan	Inti Pembahasan	Celah Penelitian	Sumber
1	<i>Perspectives of double skins façade for naturally ventilated buildings: A review</i>	Fasad <i>double skin</i> (DSF)	Penelitian ini berfokus dalam mengumpulkan beberapa parameter DSF yang telah diteliti sebagai studi inovasi berkelanjutan terhadap penelitian berikutnya. Ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi variabel kontrol seperti solar radiasi, <i>cooling load</i> , dan temperatur dalam meningkatkan performa bangunan.	Penelitian ini belum dilakukan di daerah iklim tropis khususnya Indonesia. Pemakaian material dan penerapan dalam parameter serta komponen fasad <i>double skin</i> yang cenderung mahal. Sehingga dibutuhkan solusi yang <i>sustainable</i> terkait <i>low-cost</i> tetapi meningkatkan performa bangunan.	Barbosa, S., & Ip, K. (2014). <i>Perspectives of double skins façade for naturally ventilated buildings: A review</i> . <i>Renewable and Sustainable Energy Reviews</i> , 40, 1019-1029.
2	<i>Properties and Design of double skin facade in the Tropics</i>	Fasad <i>double skin</i> (DSF)	Penelitian ini berfokus dalam membahas beberapa <i>case study</i> yang menggunakan fasad <i>double skin</i> . Berdasarkan data yang diperoleh, dianalisis dan didiskusikan, dapat disimpulkan bahwa parameter Fasad <i>double skin</i> (DSF) tertentu dapat berfungsi di lingkungan tropis sementara beberapa pertimbangan desain perlu diperhatikan. Parameter untuk desain DSF ditentukan oleh kedalaman rongga, perangkat peneduh, kulit luar (bahan), properti kaca, Struktur dan bukaan rongga.	Penelitian ini memiliki potensi pengembangan lebih lanjut terkait material <i>outer layer glazing</i> dengan memanfaatkan keadaan tropis khususnya iklim tropis lembab di Indonesia.	Khairdzir, N., & Taib, N. (2020). <i>Properties and Design of double skin facade in the Tropics</i> . <i>MAJ-Malaysia Architectural Journal</i> , 2(2), 65-72.
3	Efektivitas <i>double skin</i> fasad dengan ventilasi alami pada	Fasad <i>double skin</i> (DSF) dengan <i>louvre</i> tanpa	Penelitian ini berfokus dalam memaksimalkan pergerakan udara pada permukaan fasad	Penelitian ini dapat menjadi parameter dalam menentukan kemiringan sun shading yang ideal dan sudah	Yonathan, K, 2021. Efektivitas <i>double skin</i> fasad dengan

	ventilasi udara panas balkon <i>recessed</i> bangunan tinggi	<i>outer layer glazing</i>	dengan <i>double skin</i> dalam membuang udara panas dari unit <i>condenser</i> AC. Ada beberapa variabel dan parameter yang dapat mempengaruhi laju aliran udara dan temperatur pada fasad. Berdasarkan Analisa yang didapat, peneliti menemukan bahwa kemiringan <i>louvre</i> 30 derajat menjadi yang efektif di iklim Indonesia sehingga dapat menjadi parameter kedepan dalam meneliti.	diterapkan di Surabaya. Namun penelitian ini tidak menjelaskan mengenai solar radiasi dan tidak memakai <i>outer layer glazing</i> untuk memaksimalkan performa thermal dalam bangunan. Sehingga dibutuhkan pembaruan/penelitian lebih lanjut terkait penambahan <i>outer layer glazing</i> pada fasad <i>double skin</i> .	ventilasi alami pada ventilasi udara panas balkon <i>recessed</i> bangunan tinggi. <i>Tesis Magister</i> . Universitas Kristen Petra.
4	<i>A review on windows incorporatin g water-based liquids</i>	Single Fasad dengan <i>water based window (WBW)</i> dan <i>water flow window (WFW)</i>	Penelitian ini berfokus membahas mengenai berbagai macam jenis <i>water based window (WBW)</i> dan <i>water flow window (WFW)</i> dalam cooling maupun heating performance. Pada penelitian ini memberikan beberapa desain inovatif dalam penerapan air terhadap fasad/jendela, baik itu <i>single glazing, double, triple</i> bahkan <i>quantruple glazing</i> . Dari penelitian ini terdapat beberapa parameter desain yang dapat dijadikan referensi dalam penelitian selanjutnya. Berdasarkan hasil Analisa, penelitian ini mengungkapkan terkait potensinya terhadap potensi pemanfaatan air sebagai material alternatif	Penelitian ini memiliki data akan parameter, variable, dan data penelitian yang lengkap sehingga dapat dijadikan acuan / referensi dalam penelitian kedepannya. Namun penelitian yang dikumpulkan rata-rata berada di daerah iklim sub-tropis. Hanya beberapa penelitian yang dilakukan didaerah tropis, tetapi penerapannya tidak menggunakan fasad <i>double skin</i> melainkan <i>single</i> fasad dengan bermain <i>layer</i> /lapisan kaca / <i>glazing</i> . Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut terkait penerapannya di iklim tropis khususnya Indonesia dan penerapan terhadap fasad <i>double skin</i> .	Piffer, Y., Lamberts, R., Mizgier, M. O., & Güths, S. (2021). A review on windows incorporating water-based liquids. <i>Solar Energy</i> , 214, 606-631.

			berkelanjutan yang <i>low cost</i> dan <i>low-e</i>		
5	<i>Fluidised glass façade elements for an active energy transmission control</i>	Single fasad dengan <i>water based window (WBW)</i>	Penelitian ini lebih berfokus pada <i>water based window (WBW)</i> dimana menggunakan elemen fasad kaca ter- <i>fluidasi</i> dengan dua lapisan <i>fluida</i> diusulkan untuk menyatukan fungsi perangkat naungan, kolektor surya, elemen pendingin dan pemanas. Hal tersebut terlihat dari penerapan warna dan peletakan aliran air yang fleksibel. Pengaruh perletakan air berwarna dan air yang natural memberikan dampak terhadap variabel kontrol. Dari penelitian ini terlihat bahwa air yang berkonsentrasi lebih gelap memberikan <i>absorptivity</i> dan <i>temperature</i> yang tinggi pada layer air pertama. Pada layer air kedua (Air jernih) tetap dibiarkan, sedangkan lapisan layer pertama dapat di isi maupun dikosongkan bahkan diganti warnanya. Dari penelitian ini memberikan kesadaran bahwa warna dapat mempengaruhi solar radiasi yang masuk dan penempatan air yang berwarna dapat mempengaruhi <i>heat transfer</i> dan	Penelitian ini masih belum menggabungkan elemen air terhadap fasad <i>double skin</i> karena hanya berfokus pada <i>triple glazing single</i> fasad. Daerah penelitian ini berada pada <i>Switzerland</i> sehingga adanya pengaruh radiasi dan temperature yang berbeda dengan daerah iklim tropis lembab. Penelitian ini sejalan dengan apa yang akan diteliti, namun adanya pertimbangan terhadap parameter desain yang ada sehingga penelitian ini tidak dapat dijadikan acuan/referensi dalam pembuatan model simulasi. Akan tetapi, penelitian ini mampu memberikan pengertian lebih lanjut terkait efek warna dan peletakan air terhadap solar radiasi.	Gtoehl, D., Stopper, J., Bertsch, S., & Schwarz, D. (2011). Fluidised glass façade elements for an active energy transmission control. In <i>World engineers convention</i> .

			<i>temperature</i> yang ada. Semakin tinggi tingkat absorpsi maka semakin cepat panas air nya.		
6	<i>Innovative solar windows for cooling-demand climate</i>	Single fasad dengan <i>water flow window (WFW)</i> mengalir di tengah <i>double glazing</i>	Penelitian ini berfokus pada kinerja air dan udara sebagai pengisi jendela dengan air yang terus berputar (<i>flowing water</i>). Pada penelitian ini terdapat parameter dan hasil yang cukup baik dalam mengurangi <i>heat gain</i> dan <i>temperature</i> dalam ruangan. Adanya pengaruh karakteristik material, jenis material kaca dan kecepatan air terhadap suhu dan <i>transmittance</i> yang masuk. Berdasarkan kesimpulannya, hasil numerik menunjukkan bahwa penerapan air dalam <i>cavity</i> bisa secara efektif menurunkan suhu panel kaca bagian dalam, mengurangi ruangan keuntungan panas dan oleh karena itu, konsumsi listrik AC. Kenyamanan termal dan visual dapat ditingkatkan. Aliran air jendela juga dapat berfungsi sebagai komponen pra-pemanasan air panas.	Penelitian ini memiliki data parameter dan <i>variable</i> yang lengkap sehingga dapat dijadikan referensi terhadap penelitian yang akan dilakukan. Tidak adanya penerapan terhadap <i>double skin</i> dan daerah yang berbeda dapat menjadi potensi untuk penelitian selanjutnya. Penelitian ini searah dengan penelitian yang akan diteliti yaitu mencari pengaruh air terhadap solar radiasi pada fasad dan ruang.	Chow, T. T., Li, C., & Lin, Z. (2010). <i>Innovative solar windows for cooling-demand climate</i> . <i>Solar Energy Materials and Solar Cells</i> , 94(2), 212-220.
7	<i>Experimental determination of thermal performance of glazed façades with water film, under direct solar</i>	Single fasad dengan <i>water flow window (WFW)</i> mengalir di <i>external single</i>	Studi ini berfokus pada pengurangan panas melalui desain kaca yang berkelanjutan dengan memanfaatkan potensi <i>Sustainable Glazed Water Film (SGWF)</i> untuk mengurangi perolehan	Penelitian ini memiliki data, teori dan metode yang cukup lengkap serta jelas, Penelitian ini juga menggunakan material yang diberi air untuk melihat ke efektifan terhadap <i>heat transfer, cooling</i> dan	Qahtan, A., Keumala, N., Rao, S. P., & Abdul-Samad, Z. (2011). <i>Experimental determination of thermal performance of</i>

	<i>radiation in the tropics</i>	<i>glazing/ kaca</i>	panas pada fasad kaca timur/barat di daerah tropis. Berdasarkan Analisa yang dihasilkan, efek dari aliran film air di atas fasad kaca dapat menurunkan kaca suhu.. Hal ini menyebabkan SGWF lebih efektif dalam mencegah perpindahan panas matahari di dalam ruangan dan meningkatkan kehilangan energi <i>thermal</i> dengan kapasitas panas yang jauh lebih besar, menghasilkan pengurangan suhu dalam ruangan tanpa mengganggu cahaya. Dalam kondisi tropis, efek yang lebih tinggi dari SGWF telah diamati, terutama untuk fasad barat yang terpapar langsung radiasi sinar matahari. Jika laju aliran <i>water film</i> meningkat, maka efek pendinginan dari SGWF sebagian besar juga meningkat. Hal ini dikarenakan peningkatan air untuk menghilangkan beban panas dan juga pembesaran pada ketebalan <i>water film</i> , yang mengarah pada peningkatan pertukaran panas antara indoor dan <i>heat sink</i> .	<i>heat gain</i> nya. Meskipun memiliki kesamaan iklim tropis lembab, perlu dicari/ ditinjau lebih lanjut terhadap iklim di indoneisa. Meski begitu, penelitian ini juga memiliki potensi untuk diteliti lebih lanjut terkait penerapan pada fasad <i>double skin</i> .	glazed façades with water film, under direct solar radiation in the tropics. <i>Building and Environment</i> , 46(11), 2238-2246.
8	<i>Experimental-simulation methodology</i>	Single fasad dengan <i>water flow</i>	Penelitian ini berfokus pada penerapan air di <i>glazing</i> dengan	Penelitian ini memberikan parameter desain yang lengkap dan	Claros-Marfil, L. J., Zetola, V., Padial, J.

	<i>for estimation of thermal parameters of adaptive facades in mild climate conditions: A water-flow glazing case study</i>	<i>window (WFW) mengalir di tengah double glazing</i>	menggunakan penelitian terdahulu sebagai basis model utama yang kemudian dibandingkan secara adaptif melalui simulasi dan eksperimental. Penelitian ini terdapat parameter desain dan beberapa variabel tetap maupun bebas yang nantinya akan mempengaruhi terhadap kinerja <i>U-Value</i> dan <i>SHGC</i> dalam mengurangi <i>solar temperature</i> dan <i>thermal performance</i> . Berdasarkan hasil Analisa, penggunaan material kaca tertentu yang dikombinasikan dengan air serta laju kecepatan air memberikan hasil yang cukup signifikan dalam mengurangi temperatur ruangan. Pengaruh ketebalan air tidak terlalu memberikan hasil yang signifikan dibandingkan penerapan laju aliran air.	searah dengan tujuan yang akan diteliti (<i>U-Value</i> , <i>transmittance</i> dan <i>SHGC</i>). Penelitian ini belum menerapkan pada fasad ganda, sehingga dapat dijadikan referensi terhadap implementasi desain untuk simulasi. Penelitian ini masih belum dilakukan pada iklim tropis lembab, sehingga dapat menjadi potensi untuk melihat efektivitasnya pada iklim yang berbeda.	F., & Lauret, B. (2022). Experimental-simulation methodology for estimation of thermal parameters of adaptive facades in mild climate conditions: A water-flow glazing case study. <i>Journal of Building Engineering</i> , 45, 103384.			mengurangi perolehan panas pada air. Menurunkan suhu udara dalam ruangan akan meningkatkan perolehan panas ruangan tetapi mengurangi perolehan panas air. <i>Heat gain</i> ruangan di musim panas dan <i>heat gain</i> air di musim dingin tetap positif dengan radiasi matahari. Bertambahnya sudut datang, derajat perubahan kinerja energi dari tingkat yang lebih rendah ke tingkat yang lebih tinggi radiasi matahari akan kurang signifikan. Laju aliran air memiliki efek yang besar pada kinerja <i>thermal</i> untuk kecepatan aliran yang sangat rendah. Efeknya berkurang pada laju aliran tertentu, setelah itu perubahan kinerja <i>thermal</i> menjadi relatif ringan. Sudut datang memiliki efek yang besar pada kinerja energi ketika pancaran matahari tinggi. Pada sudut datang yang besar, kinerja energi menjadi rendah dan tingkat radiasi yang tinggi menjadi relatif sama, sehingga kinerja energi terbaik sebenarnya terjadi di tingkat menengah dari	terkait pengaruh air terhadap solar radiasi dan penerapannya di iklim tropis lembab dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.
9	<i>Thermal characteristics of water-flow double-pane window</i>	Single fasad dengan <i>water flow window (WFW) mengalir di tengah double glazing</i>	Penelitian ini akan menyelidiki terkait karakteristik thermal pada <i>water flow window</i> dari penelitian sebelumnya. Berdasarkan hasil diskusi dan Analisa tersebut ditemukan bahwa: Peningkatan suhu udara <i>outdoor</i> akan meningkatkan <i>heat gain</i> ruangan tetapi	Penelitian ini sudah meneliti mengenai karakteristik dan memiliki variabel serta parameter yang cukup lengkap. Namun belum terdapat property material yang cukup lengkap. Penelitian ini tidak membahas dan menguji coba penerapan pada fasad <i>double skin</i> . Adanya potensi untuk meneliti lebih lanjut	Chow, T. T., Li, C., & Lin, Z. (2011). Thermal characteristics of water-flow double-pane window. <i>International Journal of Thermal Sciences</i> , 50(2), 140-148.				

			radiasi matahari. Pada tingkat radiasi matahari yang rendah, efek dari sudut datang akan berkurang. Performa energi umumnya lebih baik di musim dingin daripada di musim panas. Di musim dingin, sebagian panas diserap oleh aliran air bisa dari ruang dalam ruangan melalui termal konveksi dan radiasi.		
10	<i>Energy consumption of hybrid smart water-filled glass (SWFG) building envelope</i>	Single fasad dengan <i>water flow window (WFW)</i> mengalir di tengah <i>double glazing</i>	Penelitian ini lebih berfokus pada perbandingan dari model <i>water filled glass (WFG)</i> yang terdahulu dengan penerapan <i>smart water filled glass (SWFG)</i> dalam mempengaruhi <i>energy performance, thermal, dan cooling load</i> serta <i>heating</i> pada ruang kantor. Pemakaian base model dari <i>water flow window</i> (Chow & Lin, 2011) yang akan dibandingkan dengan penambahan beberapa aspek dari penelitian terdahulu (Gutai & Kheybari, 2020). Berdasarkan hasil analisa bahwa dampak SWFG dibandingkan dengan WFG bervariasi tergantung pada iklim tertentu. Adanya hasil diskusi termasuk perbandingan dengan fasad kaca standar, di mana SWFG menunjukkan	Penelitian ini masih belum menggabungkan elemen air terhadap double skin fasad. Namun terdapat sejumlah parameter yang lengkap serta data dan referensi dari penelitian terdahulu yang dapat dipakai sebagai referensi terhadap model yang akan disimulasikan. Penelitian ini belum meneliti pada daerah iklim tropis lembab khususnya Indonesia sehingga dapat menjadi potensi pada penelitian selanjutnya. Penelitian ini sejalan dengan apa yang akan diteliti dan menjadi referensi lebih lanjut terkait efek transparansi / <i>dye water</i> terhadap kinerja energi.	Gutai, M., & Kheybari, A. G. (2021). Energy consumption of hybrid smart water-filled glass (SWFG) building envelope. <i>Energy and Buildings</i> , 230, 110508.

			penghematan energi sebesar 47,41%-78,01% tergantung pada iklim. Pendekatan berbasis iklim dari SWFG dan WFG menawarkan perubahan fasad yang signifikan desain yang melihat bangunan kaca sebagai peluang untuk desain keberlanjutan.		
11	THE AQUATIC-POLYCARBONATE SKYLIGHT FOR SURABAYA INDONESIA	<i>Skylight</i>	Penelitian ini berfokus terhadap penerapan air pada skylight di Indonesia khususnya Surabaya. Berdasarkan hasil Analisa, penerapan air pada material PVC tidak terlalu signifikan dalam mengurangi solar radiasi, namun dapat mengurangi suhu temperature pada permukaan PVC dan <i>men-diffuse daylight</i> yang masuk.	Penelitian ini memiliki metode, parameter dan variable yang lengkap. Selain itu, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan air dengan material PVC di Iklim tropis lembab kurang efektif dalam mengurangi solar radiasi. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut terkait material yang berbeda dengan air yang sama untuk dapat dilihat pengaruh dan keefektivannya, karena beberapa penelitian terdahulu mengungkapkan adanya pengaruh air terhadap mengurangi solar radiasi.	Mintorogo, D. S. (2007). The aquatic-polycarbonate skylight for Surabaya Indonesia. <i>DIMENSI: Journal of Architecture and Built Environment</i> , 35(1), 100-106.
12	<i>Thermal performance of fasad double skin with built-in pipes utilizing evaporative cooling water in cooling season</i>	Fasad <i>double skin</i> dengan pipa air (PDSF)	Penelitian ini membahas mengenai fasad <i>double skin</i> yang tertanam pipa air untuk mengurangi perpindahan panas dengan membandingkan DSF tradisional. <i>Evaporative cooling</i> sebagai pendekatan pendinginan alami yang nyaman, digunakan di	Penelitian ini memiliki metode yang cukup lengkap sebagai petunjuk referensi. Adanya beberapa parameter dan <i>variable</i> tetap yang dapat dijadikan <i>base case</i> DSF konvensional yang akan dikomparasi/ dibandingkan dengan material tertentu. Penelitian ini memang tidak sejalan dengan apa	Shen, C., & Li, X. (2016). Thermal performance of fasad double skin with built-in pipes utilizing evaporative cooling water in cooling season. <i>Solar Energy</i> , 137, 55-65.

		<p>penelitian ini. Kinerja DSF baru diselidiki secara numerik, dan dibandingkan dengan DSF konvensional. Ventilasi dan strategi operasi sistem tertanam pipa dikembangkan berdasarkan analisis proses perpindahan panas. Dan pengaruhnya iklim dan orientasi dipertimbangkan. Kesimpulan berikut dapat ditarik:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Suhu <i>cavity</i> berkurang secara signifikan oleh pipa air, dan bahkan lebih rendah dari ambien udara. Dengan demikian rongga harus ditutup untuk menghindari hal negative pengaruh udara luar yang panas. 2. PDSF efektif di siang hari saat radiasi matahari sangat tinggi yang menyebabkan perpindahan panas puncak menurun. Tapi penggunaan harus dihentikan di malam hari atau di hari hujan ketika radiasi kecil. 3. Sistem ini sangat efektif pada daerah dengan radiasi luas sehingga pendinginan evaporatif menjadi efisien. 	<p>yang akan diteliti, namun memiliki persamaan yaitu pengaruh air terhadap pengurangan temperatur dan memaksimalkan efisiensi <i>cooling load</i>.</p>	
--	--	--	---	--

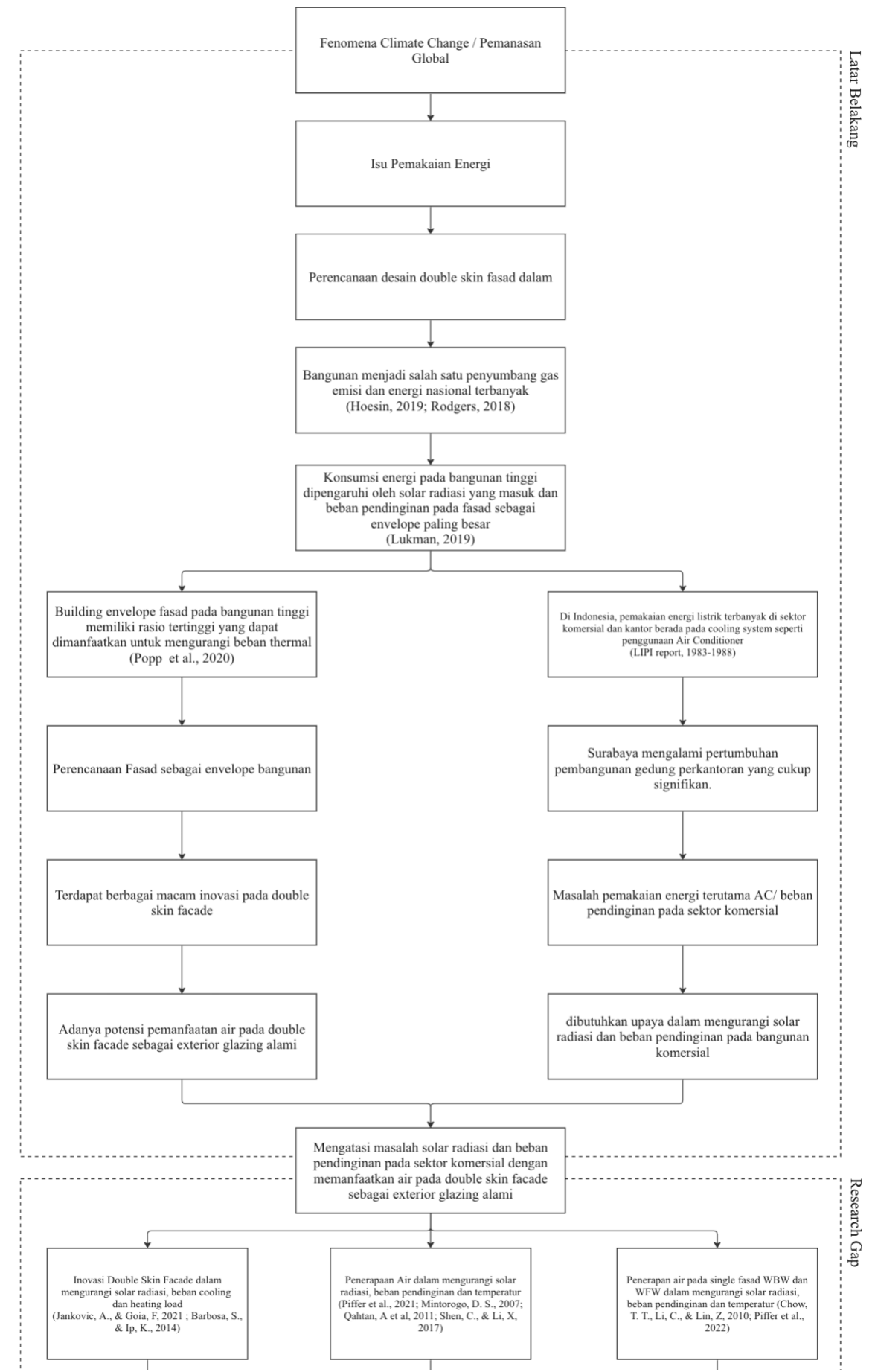
			<p>Pengurangan perolehan panas juga menurun secara efisien.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. PDSF cukup untuk mengurangi panas yang masuk dari orientasi W, E, S tetapi tidak efektif di sisi utara. Berdasarkan kinerja musiman PDSF mampu mengurangi perolehan panas melalui kaca fasad dengan memanfaatkan energi alam. 		
--	--	--	--	--	--

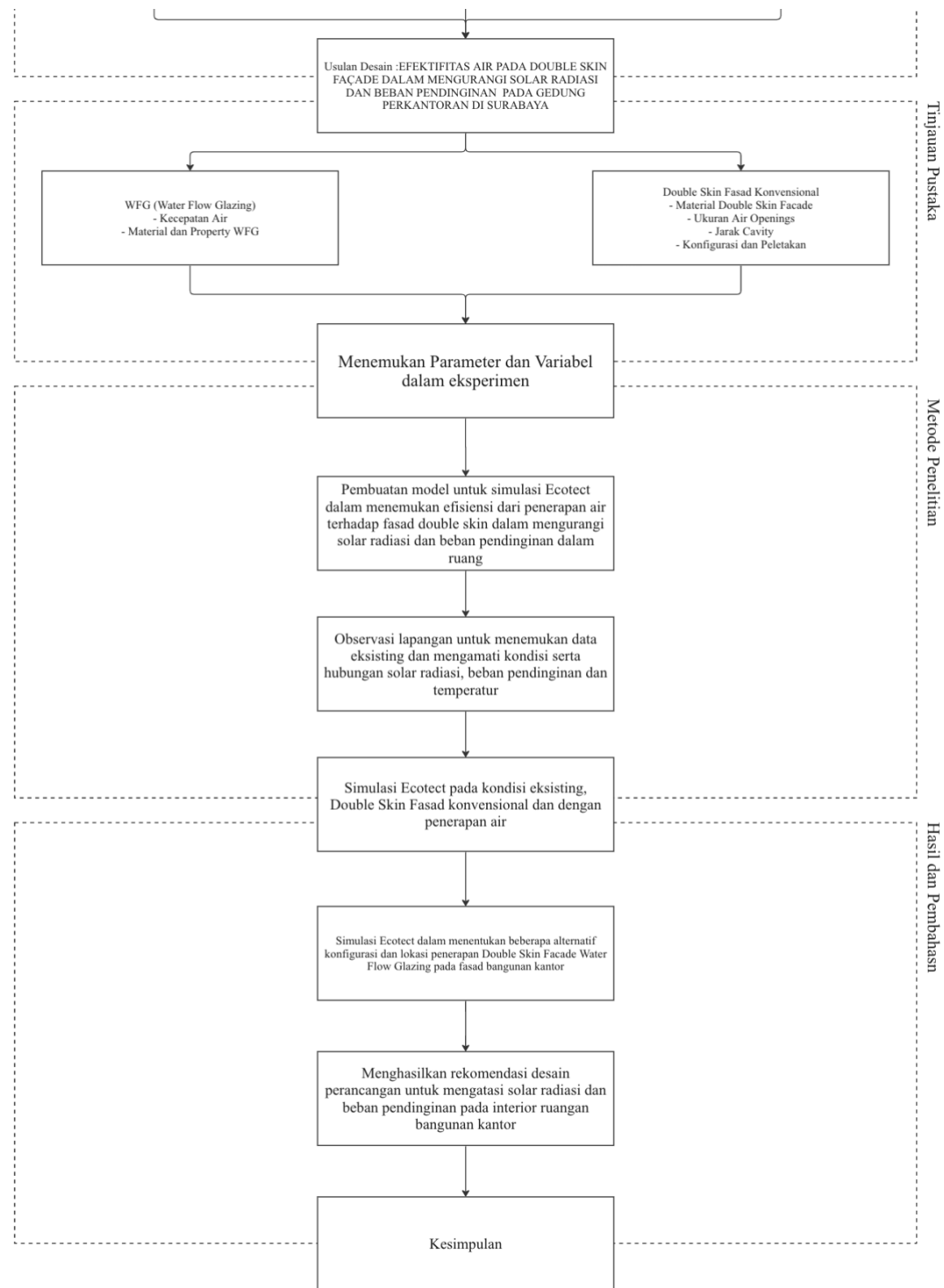
Berdasarkan beberapa kajian literatur diatas (Tabel 1.1) dan penelitian lain yang tidak dicantumkan, sudah banyak penelitian yang berinovasi pada fasad *double skin* dengan ide untuk pemakaian sistem fasad *double skin* yang lebih efektif untuk mengurangi solar radiasi dan meningkatkan performa bangunan terutama pada pemakaian energi daripada *single* fasad. Beberapa diantaranya meneliti tentang pemakaian material-material *low-e* yang harganya terbilang cukup mahal (Barbosa & Ip, 2014). Ada beberapa penelitian mencoba menyarankan menggunakan pemanfaatan air sebagai material pendingin alami (Qahtan et al., 2011). Namun belum ada yang menerapkan air /*water flowing* pada fasad *double skin* khususnya di daerah iklim tropis lembab. Penelitian mengenai pemanfaatan air pada bidang fasad di Indonesia masih tergolong baru, sehingga terdapat potensi untuk diteliti dan dikembangkan. Studi mengenai inovasi pemanfaatan air pada *single* fasad dengan beberapa lapisan kaca/*multiple glazing* telah dikaji dengan iklim yang beragam (Piffer et al., 2021). Peneliti lain telah mengkaji penggabungan air dengan fasad *double skin* namun tidak mengkajinya di iklim tropis lembab khususnya Indonesia (Liu et al., 2019).

Dari identifikasi tabel 1.1, penulis menemukan celah untuk meneliti efektivitas air pada fasad *double skin* di iklim tropis lembab khususnya Indonesia dengan tujuan untuk mengurangi solar radiasi dan beban pendinginan/ *cooling loads*. Penelitian ini akan dikembangkan di Indonesia pada gedung Plaza BRI sebagai contoh bangunan perkantoran di Surabaya. Penelitian ini mengambil basis model sistem fasad *double skin* konvensional (Shen & Li, 2016) dan model *water flow window* (WFW) yang telah dilakukan oleh (Claros-Marfil et al., 2022) di iklim mediterania yang nanti akan dimodifikasi pada pengaplikasiannya di Surabaya. Ada beberapa faktor yang dipengaruhi akibat perbedaan geografi seperti suhu, udara dan

solar radiasi. Desain fasad *double skin* dengan air ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam mengurangi pemakaian energi AC akibat solar radiasi yang masuk.

1.7 Kerangka Penelitian





Gambar 1. 4 Kerangka Penelitian

Sumber: Penulis