Resume Paper

“Energy Performance of a High-Rise Residential Building Using Fibre Reinforced Structural Lightweight Aggregate Concrete”

Oleh

Nama : Tobias Mikha Sulistiyo

NIM : 12024002503

Sektor bangunan menyumbang sekitar 40% dari konsumsi energi global, dengan gedung apartemen berperan atas tiga perempat dari penggunaan tersebut. Permintaan energi di sektor hunian bervariasi secara global, dengan rata-rata 20% di negara-negara maju dan melebihi 35% di negara-negara berkembang. Di daerah perkotaan, pemanas ruangan bergantung pada boiler minyak atau gas, sementara AC bergantung pada listrik yang diperkirakan akan meningkat seiring dengan pemanasan global.

Lapisan luar dari sebuah bangunan berperan penting dalam mengontrol penyebaran panas. Dengan demikian dapat mempengaruhi efisiensi energi dan kenyamanan ruangan. Penelitian menunjukkan bahwa sekitar 73% dari penyerapan atau kehilangan panas terjadi melalui *envelope building*, dan menjadikannya prioritas utama untuk mengurangi konsumsi energi. *Lightweight aggregate concrete* (LWAC) menawarkan isolasi termal yang baik. Seiring peningkatan efisiensi termal berdampak pada penurunan kekuatan mekanik LWAC. Untuk mengatasi kerapuhannya, *fiber* ditambahkan ke campuran LWAC.

# Metodologi

Penelitian ini menggunakan simulasi energi untuk material *fiber-reinforced Lightweight Expanded Clay Aggregate - Lightweight Aggregate Concrete* (LECA-LWAC) pada bangunan 29 lantai sebagai studi kasus. Data fisik dan mekanik material diuji sesuai standar internasional Eropa (EN) dan *American Society for Testing and Materials* (ASTM), termasuk pengujian sifat termal menggunakan alat *Heat Flow Meter*.

Simulasi dilakukan untuk membandingkan performa energi antara dinding dan struktur yang menggunakan fibre-reinforced LECA-LWAC dengan material konvensional seperti beton normal (NWC) serta bata pasir-semen dan bata tanah liat. Analisis ini juga mempertimbangkan berbagai kondisi iklim mulai dari tropis basah di Malaysia, mediterania panas di Turki, sub-arktik dingin di Swedia hingga gurun panas kering di Arab Saudi. Selain itu, orientasi bangunan terhadap matahari juga divariasikan pada sudut 0°, 45°, dan 90° untuk melihat dampaknya terhadap efisiensi energi.

Pemilihan perangkat lunak Revit dan GBS berdasarkan pada popularitasnya dalam industri konstruksi serta kemampuannya untuk mengintegrasikan data termal melalui format gbXML tanpa kehilangan informasi geometris model bangunan. Dalam proses pemodelan, elemen-elemen struktural seperti dinding *shear wall*, lantai, atap serta jendela dimasukkan secara detail ke dalam model BIM berdasarkan data eksperimen termal material.

Material fibre-reinforced LECA-LWAC dikustomisasi agar mencerminkan karakteristik nyata hasil uji laboratorium sebelum digunakan dalam simulasi energi. Simulasi ini memperlihatkan bagaimana penggunaan *mono fiber* maupun *hybrid* dapat mempengaruhi konsumsi energi dibandingkan dengan bahan tradisional sebagai bagian dari sistem envelope building.

Dengan pendekatan ini, potensi penghematan energi dapat dievaluasi secara signifikan melalui penggunaan teknologi material baru pada berbagai kondisi iklim dunia sekaligus mempertimbangkan faktor orientasi bangunan sebagai variabel penting dalam desain arsitektur hemat energi.

# Hasil

Penggunaan LWAC yang diperkuat serat menghasilkan pengurangan EUI yang signifikan dibandingkan dengan NWC dan konstruksi bata tradisional di semua zona iklim. Temuan spesifik meliputi:

1. **Putrajaya:** HST0.75+PP0.1 menunjukkan efisiensi EUI terbaik (peningkatan 3,19%) dibandingkan dengan NWC.
2. **Makkah:** HST0.75+PP0.3 paling efisien (peningkatan 5,86%).
3. **Istanbul:** HST0.75+PP0.3 juga berkinerja terbaik (peningkatan 4,45%).
4. **Lillhardal:** PP0.3 memberikan penghematan tertinggi (peningkatan 12,79%).

## Penghematan Biaya Energi

Penghematan biaya mencerminkan pengurangan EUI:

1. **Putrajaya:** Hingga 4,04% penghematan.
2. **Makkah:** Hingga 6,46% penghematan.
3. **Istanbul:** Hingga 5,09% penghematan.
4. **Lillhardal:** Hingga 12,29% penghematan.

## Analisis Konsumsi Energi

Di iklim tropis/hangat, ventilasi dan pendingin ruangan menyumbang sekitar setengah dari konsumsi listrik tahunan. Di iklim dingin seperti Lillhardal, pemanasan mendominasi kebutuhan energi; material PP0.3 terbukti sangat efektif dalam mengurangi beban pemanasan.

# Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi kinerja termal dan efisiensi energi dari Lightweight Aggregate Concrete (LWAC) bertulang serat sebagai bahan selubung bangunan tanpa isolasi tambahan di berbagai iklim, seperti tropis lembap, Mediterania, subarktik, dan gurun semi-kering. Serat baja (ST) dan polypropylene (PP) digunakan secara tunggal maupun kombinasi untuk memperbaiki sifat rapuh LWAC.

1. Putrajaya: Kombinasi HST0.75 + PP0.1 paling efisien, dengan penghematan energi 3,19% dan biaya 4,04% dibanding NWC.
2. Makkah dan Istanbul: Kombinasi HST0.75 + PP0.3 paling efisien, dengan penghematan energi hingga 5,86% dan biaya hingga 6,46%.
3. Lillhardal: PP0.3 tunggal paling unggul, dengan efisiensi energi 12,79% dan penghematan biaya 12,29%.

Struktur LECA-LWAC bertulang serat tanpa isolasi tambahan mampu memenuhi standar EUI (<150 kWh/m²/tahun) di iklim tropis dan Mediterania. Di iklim ekstrem (subarktik dan gurun), isolasi tambahan dan jendela dobel kaca tetap dibutuhkan. Material konvensional seperti beton normal dan bata tidak memenuhi standar EUI tersertifikasi. Efisiensi energi lebih dipengaruhi oleh material selubung (LWAC bertulang serat) daripada orientasi bangunan.