ANALISA RESPON MEKANIK GENTENG DARI BAHAN BETON BUSA DIPERKUAT SERAT TKKS AKIBAT BEBAN IMPAK HUJAN ES DENGAN MENGUNAKAN IMPACTOR BATANG ALUMINIUM

Ade Irwan*

Departemen Teknik Mesin, Universitas Harapan (UNHAR), Indonesia

Diterima: 03-05-2019 ; Disetujui: 25-06-2019 ; Diterbitkan: 30-06-2019

*Corresponding author: adeirwan006@gmail.com

Abstrak

Untuk mengurangi beban mati pada konstruksi rumah, dikembangkan produk genteng dari bahan *Concrete foam* (Beton busa) diperkuat serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan ringan alternatif. Beton busa merupakan jenis beton ringan yang menggunakan *foam* dan serat TKKS sebagai agregat ringannya. Beton busa telah diteliti dan dikembangkan menjadi berbagai produk bangunan ringan, salah satunya ialah genteng ringan. Fenomena hujan es dapat merusak pesawat, mobil, dan tentu saja atap rumah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa respon mekanik produk genteng dari material komposit beton busa diperkuat serat TKKS akibat beban impact yang diakibatkan hujan es. Untuk memverifikasi hasil pengukuran, dilakukan pula simulasi beban impact menggunakan *software* Ansys. Pengujian impact *hail* (hujan es), dilakukan menggunakan alat uji kompresor impact (KOMPAK) dengan batang aluminium sebagai *impactor*-nya. Pengukuran tegangan pada spesimen diukur dengan menggunakan *strain gages* untuk beton. Pengujian divariasikan dengan jarak impact *striker* dan *impactor*. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa produk genteng tidak mengalami kegagalan hingga kecepatan impact 14 m/detik. Pada jarak impact 60 mm (kecepatan impact 16,09 m/detik) genteng mulai mengalami kerusakan, dengan tegangan yang terukur pada *strain gage* sebesar 1,07 MPa. Dari hasil simulasi beban impact dengan Ansys, diperoleh tegangan normal arah sumbu X sebesar 1,0726 MPa.

Kata Kunci : Genteng ringan, Komposit beton busa diperkuat serat TKKS, Simulasi numerik, Impact hujan es

How to Cite: Irwan, A., 2019, Analisa Respon Mekanik Genteng Dari Bahan Beton Busa Diperkuat Serat Tkks Akibat Beban Impact Hujan Es Dengan Menggunakan Impactor Batang Aluminium, *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, (01): 57-63

PENDAHULUAN

Beban mati yang diakibatkan genteng lempung pada konstruksi mencapai 117 kgf/m^2 . Sehingga, digunakan genteng metal untuk mereduksi beban mati hingga 50% (NAHB Research Center, Inc., 2000). Namun ketika hujan, genteng metal akan menimbulkan suara yang bising akibat *rain drop*. Kebisingan yang ditimbulkan oleh penggunaan atap metal tanpa insulasi suara yang memadai berada diatas ambang batas nyaman manusia dan dapat mengganggu aktifitas sehari-hari (NAHB Research Center, Inc., 2000) (Md Idris, Musa, & Ayob, 2011). Sehingga memungkinkan penelitian mengenai material alternatif untuk produk genteng ringan, seperti bahan beton busa diperkuat serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Bahan tersebut merupakan beton campuran semen dengan agregat penguat serat TKKS dan pasir yang mampu mereduksi berat produk hingga 50% (Fitriadi & Syam, 2014). Beton busa diperkuat serat TKKS memiliki modulus elastisitas 43,824 MPa, kekuatan tarik 0,104 Mpa, kekuatan tekan 5,49 MPa, kekuatan lentur 0,7 MPa, regangan lentur 0,09mm/mm dan densitas $1281,2 \text{ kg/m}^3$ (Fitriadi & Syam, 2014) (Irwan, 2018).

Hujan es (hail) dapat merusak pesawat, rumah dan mobil, dan dapat menyebabkan kematian bagi ternak dan manusia. Kecepatan hujan es dengan diameter 1 cm ketika mencapai tanah (terminal velocity) diperkirakan mencapai 9 m/detik. Sedangkan bola es berdiameter 8 cm diperkirakan jatuh ke tanah dengan kecepatan 48 m/detik (Anonim, 2019). Changnon (1999)

melaporkan bahwa hujan es berdampak besar terhadap kerusakan properti di Amerika Serikat selama tahun 1990-an, dan membawa kerugian tahunan rata-rata \$1,2 milyar (Changnon, 1999). American National Standard Institute (ANSI) merilis standar mengenai uji ketahanan impak pada genteng beton dan lempung dengan seri ANSI FM 4473. Standar tersebut bertujuan untuk mengklasifikasi mutu produk genteng terhadap beban impak berupa hujan es berdasarkan besar energi impak yang mampu diterima genteng (ANSI, 2011). Metode pengukuran tersebut tidak mengukur tegangan impak pada sampel, terutama sampel yang dibuat dari material baru. Sehingga pada penelitian ini akan dikembangkan metode pengukuran langsung pada produk genteng akibat beban impak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode pengukuran impak secara langsung pada genteng dengan pendekatan metode impak pada batang. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran eksperimental dengan analisa simulasi numerik. Gelombang impak akan diukur langsung pada dua titik di impactor, dan satu titik di genteng.

METODE

Metode pengukuran eksperimental

Alat uji Kompresor Impak (KOMPAK) seperti yang diperlihatkan pada gambar 1, merupakan alat uji impak yang memanfaatkan udara bertekanan untuk meluncurkan batang *striker* dengan kecepatan tertentu. Batang *striker* kemudian menghantam impactor yang berfungsi meneruskan gelombang

impak ke dalam spesimen uji. Beban impact dipengaruhi oleh besarnya tekanan udara yang diberikan, jarak impact batang *striker*, serta panjang dan jenis bahan batang.

Setup impact pada batang seperti diperlihatkan pada gambar 2. Dilakukan pengukuran gelombang yang merambat pada batang dan spesimen dengan menggunakan *strain gages*. Hasil pengukuran berupa grafik tegangan fungsi waktu (*stress history*). Perhitungan tegangan insiden pada lokasi impact (permukaan spesimen *concrete foam* dan *input bar*) didasarkan pada sebuah teori rambatan gelombang elastik satu dimensi menggunakan persamaan 1.

$$\sigma_{insiden} = \sigma_b(t + t_1) + \sigma_b(t - t_1) - \sigma_a \cdot t \dots (1)$$

Dimana:

$\sigma_{insiden}$	Tegangan insiden
σ_b	Tegangan pada ujung batang, chanel 2 (<i>strain gage b</i>)
σ_a	Tegangan pada tengah batang, chanel 1 (<i>strain gage a</i>)
t	Waktu rambat gelombang dalam batang
l_0	Jarak lokasi <i>strain gage a</i> dan <i>b</i>
C_0	Kecepatan rambat gelombang dalam batang
t_1	l_0/C_0

Secara skematik, setup uji impact dengan impactor batang tumpul seperti diperlihatkan pada gambar 2. Impactor berupa batangan aluminium dengan ujung tumpul berdiameter 5 mm. Impactor diposisikan bersentuhan

langsung dengan permukaan spesimen, sehingga tegangan impact yang masuk ke spesimen merupakan rambatan langsung dari impactor.

Pembebanan divariasikan berdasarkan jarak impact (*impact distance*). Pada penelitian ini jarak impact dimulai dari yang paling rendah, yaitu 10 mm. Jarak impact ditingkatkan secara bertahap setiap 10 mm hingga diketahui jarak impact yang mengakibatkan kerusakan pada spesimen. Pada jarak impact yang mengakibatkan kegagalan, dilakukan pengukuran dengan memasang *strain gage* pada spesimen. untuk mengukur tegangan impact yang terjadi pada spesimen.

Metode simulasi numerik

Simulasi beban impact menggunakan perangkat lunak Ansys, melalui menu *Explicit dynamic*. Batasan simulasi dibuat sama dengan uji eksperimental. Geometri yang disimulasikan terdiri atas satu *part* genteng, satu *part striker*, dan satu *part impactor* seperti diperlihatkan pada gambar 4.

Pada simulasi pembebanan impact, beban diakibatkan oleh Bergeraknya *striker* ke arah minus Y dengan kecepatan yang dihitung dengan persamaan 2.

$$v = \sqrt{\frac{2PAL}{M}} \text{ atau } \sqrt{\frac{2PAL}{M}} \dots (2)$$

Persamaan 2 merupakan hubungan antara kecepatan *striker* (v) pada jarak tertentu (L) dan tekanan (P). Sedangkan M merupakan massa *striker*, dan A ialah luas penampang *striker*.

Gambar 1. *Setup* alat uji KOMPAK

Gambar 2. *Setup* alat uji impak dengan impactor batang tumpul

Gambar 3. Instalasi pengujian impak dengan batang tumpul

Gambar 4. Model simulasi beban impak

HASIL DAN DISKUSI

Dari pengimpakan secara langsung, jarak impak minimum yang mengakibatkan kegagalan pada genteng ialah jarak impak 60mm, dengan pola kerusakan seperti diperlihatkan pada gambar 5.

(a)

(b)

Gambar 5. Pola kerusakan impak dengan batang tumul pada jarak impak 60mm; (a) indentasi padapenampang depan, (b) kegagalan berupa retak pada penampang belakang

Jika dibandingkan dengan distribusi tegangan yang diperoleh melalui simulasi numerik menggunakan Ansys, gambar 6, diketahui bahwa pola kerusakan berupa inddentasi (gambar 6a), disebabkan oleh tegangan tekan pada permukaan yang bersentuhan dengan impactor.

(a)

(b)

(c)

Gambar 6. Distribusi tegangan ekuivalen von mises akibat beban impak; a. Permukaan atas, b. Permukaan bawah, dan c. Potongan tengah

Pola kerusakan pada permukaan belakang genteng (gambar 5b), diakibatkan oleh konsentrasi tegangan tarik dinamik yang melebihi batas

kekuatan tarik dinamik bahan *beton busa*. Seperti diperlihatkan pada gambar 8. Pengukuran secara langsung dilakukan dengan jarak impak 60mm. Gambar 8a merupakan grafik tegangan pada batang, yang terjadi. Sedangkan tegangan impak pada spesimen yang terukur sebesar 1,07 MPa diperlihatkan pada gambar 8b. Dari persamaan 1 dapat dihitung tegangan insiden yang diperlihatkan pada gambar 8c.

Gambar 7. Konsentrasi tegangan tarik pada penampang bawah genteng

(a)

(b)

(c)

Gambar 8. Grafik Tegangan vs waktu; a. Pada batang, b. Pada genteng, dan c. Tegangan insiden
Tegangan insiden yang dihasilkan adalah sebesar 1,21 MPa, dan berarti memiliki selisih 0,14 MPa atau 11,57% dari tegangan yang terukur langsung pada spesimen. Perbedaan tersebut dikarenakan pemasangan *strain gage* pada spesimen yang memiliki jarak 10 mm dari area impak, dan struktur bahan busa komposit yang berongga sehingga cenderung menyerap gelombang tegangan impak. Karena keterbatasan tersebut, dilakukan upaya verifikasi dengan cara membandingkan antara tegangan yang terukur pada spesimen dengan besarnya konsentrasi dari hasil simulasi numerik. Tegangan hasil simulasi yang dibandingkan ialah

tegangan yang terkonsentrasi pada area yang sama dengan area pemasangan *strain gages*. Dan jika dibandingkan dengan hasil simulasi pada gambar 9, diketahui bahwa hasil pengukuran dan simulasi numerik terbilang identik. Besarnya tegangan normal arah sumbu X pada area pengukuran melalui simulasi numerik ialah 1,0726 MPa, selisih 0,0026 MPa dari hasil pengukuran.

Gambar 9. Pengamatan tegangan normal arah-x pada elemen pengukuran

KESIMPULAN

Produk genteng tidak mengalami kerusakan hingga kecepatan 14 m/detik. Produk mengalami kerusakan pada jarak impak 60 mm (16,09 m/detik). Hasil pengukuran tegangan impak satu dimensi pada spesimen dengan menggunakan metode impactor batang tumpul ialah 1,07 MPa. Hasil pengukuran tersebut mendekati simulasi tegangan normal sebesar 1,0726 MPa. Berdasarkan hasil simulasi beban impak menggunakan *software* Ansys, produk mengalami kerusakan akibat tegangan ekuivalen impak sebesar 6,399 MPa pada kecepatan impak 16,09 m/detik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Program Studi Magister Teknik Mesin yang telah mendukung dan memfasilitasi penelitian ini

REFERENCES

- Anonim. (2019, April Monday). National Severe Storms Laboratory. Retrieved from National Severe Storms Laboratory: <http://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/hail/>
- ANSI. (2011). Test Standard for Impact Resistance Testing of Rigid Roofing Materials by Impacting with Freezer Ice Balls. New York: ANSI Co.
- Changnon, S. (1999). Data and Approaches for Determining Hail Risk in the Contiguous United States. *Journal of Applied Meteorology*, 1730-1739.
- Fitriadi, N., & Syam, B. (2014). Analisa Pengaruh Gelembung Udara Terhadap Prilaku Mekanik pada MAterial Concrete Foam Dicampur Serat TKKS. SNTR I (pp. 1-9). Tapak Tuan: Politeknik Aceh Selatan.
- Irwan, A. (2018). Penyelidikan Perilaku Mekanik Bahan Komposit Beton Busa Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Lentur. *Wahana Inovasi*, 254-257.
- Md Idris, M. F., Musa, M. M., & Ayob, S. M. (2011). Noise Generated by Raindrop on Metal Deck Roof Profiles: It's Effect towards People Activities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Amsterdam: Elsevier.
- NAHB Research Center, Inc. (2000). Design Loads for Residential Buildings. In J. Crandell, A. Frankar, & D. F. Luebs, *Residential Structural Design Guide: 2000 Edition*. Washington, DC: National Association of Home Builders.