

Perancangan Produk Interior Pelindung Gempa Bumi Pada Rumah Tinggal Satu Lantai

Kevin Jeremia dan Grace Mulyono
 Program Studi Desain Interior, Universitas Kristen Petra
 Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya
E-mail: kjeremiah3@gmail.com; gracem@petra.ac.id

Abstrak— Indonesia merupakan salah satu negara yang sering terjadi gempa bumi, mengakibatkan bangunan runtuh dan terjadinya korban jiwa. Pada kesempatan kali ini penulis akan merancang produk interior perlindungan gempa yang diharapkan bisa membantu mengurangi dan mengantisipasi jumlah korban jiwa pada saat terjadi gempa bumi. Penulis melakukan tes agar produk interior yang dihasilkan terjamin kualitasnya sebagai objek pelindung dari gempa bumi. Prinsip rangka ruang digunakan dalam perancangan produk karena memiliki sifat kaku yang baik.

Kata Kunci— Produk interior pelindung gempa, Metode, Prinsip rangka ruang.

Abstract— Indonesia is a country with multiple earthquake occur in a day, make collapsed buildings and Fatalities. As a reaction to this issue, the author will produce interior products which are expected to reduce the fatalities during earthquakes. After following the design method, the final design must be produced in full scale to test its quality as a facilities of earthquake protector. Principal of space frame is used in product because it has good rigid properties.

Keyword— Earthquake protection interior product, Method, Principal of space frame.

I. PENDAHULUAN

INDONESIA merupakan salah satu negara yang sering terdampak bencana gempa bumi, dan berdasarkan informasi dan data yang diperoleh dari Kepala Pusat Informasi dan Humas Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dalam sehari Indonesia dapat diguncang gempa lebih dari 10 kali dan dalam jangka waktu satu tahun rata-rata kejadian gempa di Indonesia bisa mencapai 6000 kali.

Hal itu disebabkan oleh Posisi Indonesia, berada di Cincin Api Pasifik (*Ring of Fire*) yaitu daerah "Tapal kuda" sepanjang 40.000 km yang sering mengalami gempa bumi dan letusan gunung berapi yang mengelilingi cekungan Samudra Pasifik. Sekitar 90% dari gempa bumi yang terjadi dan 81% dari gempa bumi terbesar terjadi di sepanjang Cincin Api ini. Dan wilayah Indonesia juga sangat kaya dengan sebaran patahan aktif atau sesar aktif. Ada lebih dari 200 yang sudah terpetakan dengan baik dan masih banyak yang belum terpetakan. Sejumlah patahan aktif tersebut adalah patahan besar Sumatra yang membelah Aceh sampai Lampung, sesar aktif di Jawa, Lembang, Jogyakarta, di utara Bali, Lombok, NTB, NTT,

Sumbawa, di Sulawesi, Sorong, Memberamo, dan sebagainya.

Dan berdasarkan semua informasi tersebut, maka sudah dapat dipastikan bencana gempa bumi akan terjadi di Indonesia. Sehingga masyarakat Indonesia harus bisa memahami bahwa potensi bencana gempa bumi di Indonesia kian besar, dan masyarakat Indonesia harus tetap waspada karena bencana gempa bumi bisa terjadi kapanpun dan tidak dapat ditentukan secara pasti.

Perancangan produk interior yang dapat digunakan sebagai sarana berlindung saat gempa bumi terjadi mungkin akan menjadi solusi untuk mengurangi korban jiwa saat terjadi bencana gempa bumi. Produk Interior ini juga dirancang untuk digunakan sebagai aktivitas di rumah tinggal, dan juga dapat digunakan sebagai sarana perlindungan ketika terjadi gempa bumi. Sebelum digunakan, produk interior tersebut harus melalui pengujian standar ketahanan gempa dengan pengujian beban sampai yang ditetapkan sebagai simulasi saat produk interior tertimpa puing-puing bangunan. Sehingga produk yang dihasilkan benar-benar aman, dan dapat digunakan sebagai sarana berlindung saat terjadi gempa bumi hingga evakuasi telah tiba.

II. KAJIAN PUSTAKA

A. Indonesia Rawan Gempa Bumi

Peta lempeng dunia menunjukkan bahwa Indonesia terletak di antara tiga lempeng utama bumi, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Selain itu, di Indonesia juga banyak ditemui patahan-patahan aktif, seperti patahan Opak (Yogyakarta), Semangko (Lampung), dan Lembang (Jawa Barat). Adanya patahan menimbulkan dislokasi tanah yang lebih besar bila terjadi gempa bumi. Oleh karena itu, wilayah Indonesia memiliki kerawanan yang tinggi terhadap gempa bumi.

B. Struktur Rangka Batang

Rangka batang adalah susunan elemen-elemen linier yang membentuk segitiga atau kombinasi segitiga, kombinasi segitiga tersebut dibentuk menjadi bentuk rangka yang tidak dapat berubah bentuk bila diberi beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih pada tiap batangnya. Setiap elemen tersebut dianggap tergabung pada titik hubungannya dengan menggunakan sambungan sendi yang biasanya berbentuk bola. Sedangkan batang-batang tersebut dihubungkan sedemikian rupa sehingga semua beban dan

reaksi hanya terjadi pada titik hubung.

C. Prinsip Dasar Rangka Batang Triangulasi

Prinsip utama yang mendasari penggunaan rangka batang sebagai struktur pemikul beban adalah penyusunan elemen menjadi konfigurasi segitiga yang menghasilkan bentuk stabil. Pada struktur stabil, setiap deformasi yang terjadi relatif kecil dan dikaitkan dengan perubahan panjang batang yang diakibatkan oleh gaya yang timbul di dalam batang sebagai akibat dari beban eksternal. Selain itu, sudut yang terbentuk antara dua batang tidak akan berubah apabila struktur stabil tersebut dibebani. Hal ini sangat berbeda dengan mekanisme yang terjadi pada bentuk tak stabil, dimana sudut antara dua batangnya berubah sangat besar.

Pada struktur stabil, gaya eksternal menyebabkan timbulnya gaya pada batang-batang. Gaya-gaya tersebut adalah gaya tarik dan tekan murni. Lentur/ *bending* tidak akan terjadi selama gaya eksternal berada pada titik nodal/ titik simpul. Bila susunan segitiga dari batang-batang adalah bentuk stabil, maka sembarang susunan segitiga juga membentuk struktur stabil dan kukuh. Hal ini merupakan prinsip dasar penggunaan rangka batang pada gedung. Bentuk kaku yang lebih besar untuk sembarang geometri dapat dibuat dengan memperbesar segitiga-segitiga itu. Untuk rangka batang yang hanya memikul beban vertikal, pada batang tepi atas umumnya timbul gaya tekan, dan pada tepi bawah umumnya timbul gaya tarik. Gaya tarik atau tekan ini dapat timbul pada setiap batang dan mungkin terjadi pola yang berganti-ganti antara tarik dan tekan.

Penekanan pada prinsip struktur rangka batang adalah bahwa struktur hanya dibebani dengan beban-beban terpusat pada titik-titik hubung agar batang-batangnya mengalami gaya tarik atau tekan. Bila beban bekerja langsung pada batang, maka timbul pula tegangan lentur pada batang itu sehingga desain batang sangat rumit dan tingkat efisiensi menyeluruh pada batang menurun.

D. Rangka Batang Ruang

Kestabilan yang ada pada pola batang segitiga dapat diperluas ke dalam tiga dimensi. Pada rangka batang bidang, bentuk segitiga sederhana merupakan dasar, sedangkan bentuk dasar pada rangka batang ruang adalah tetrahedron.

Prinsip-prinsip yang telah dibahas pada analisis rangka batang bidang secara umum dapat diterapkan pada rangka batang ruang. Kestabilan merupakan tinjauan utama.

Gaya-gaya yang timbul pada batang suatu rangka batang ruang dapat diperoleh dengan meninjau keseimbangan ruang potongan rangka batang ruang tersebut.

E. Kekakuan Titik Hubung Pada Rangka Batang

Pada perhitungan rangka batang, diasumsikan bahwa semua titik hubung dimodelkan sebagai titik hubung sendi. Dalam beberapa hal, membuat hubungan yang benar-benar sendi kadang-kadang tidak mungkin atau bahkan tidak dikehendaki. Apabila kondisi titik hubung aktual sedemikian rupa sehingga ujung-ujung batang tidak bebas berotasi, maka momen lentur lokal dan gaya aksialnya dapat timbul pada batang-batang. Apabila momen lentur itu cukup besar, maka batang tersebut harus didesain agar mampu memikul tegangan kombinasi akibat gaya aksial dan momen lentur. Besar tegangan lentur

yang terjadi sebagai akibat dari titik hubung kaku umumnya kurang dari dua puluh persen dari tegangan normal yang terjadi. Pada desain awal, biasanya tegangan lentur sekunder ini diabaikan.

Salah satu efek positif dari adanya titik hubung kaku ini adalah untuk memperbesar kekakuan rangka batang secara menyeluruh, sehingga dapat mengurangi defleksi. Merencanakan titik hubung yang kaku biasanya tidak akan mempengaruhi pembentukan akhir dari rangka batang.

F. Material dan Finishing

Material Besi Pipa Gas, adalah pipa besi hitam yang terbuat dari besi murni. Pipa gas ini umumnya berwarna hitam dan memiliki kekuatan yang sangat baik karena karakternya diperuntukkan untuk menahan tekanan dan temperatur tinggi. Harga pipa gas ini relatif murah di pasaran dengan kualitas yang baik pula, untuk ukurannya mulai dari $\frac{1}{8}$ inch - 16 inch, dan dengan ketebalan mulai 1 mm - 12,70 mm.

Material Kayu Lapis / *Plywood*, adalah kayu lapis atau sering disebut tripleks sejenis papan pabrikan yang terdiri dari lapisan kayu (venir kayu) yang direkatkan bersama-sama. Kayu lapis merupakan salah satu produk kayu yang paling sering digunakan. Kayu lapis bersifat fleksibel, murah, dapat dibentuk, dapat didaur ulang, dan tidak memiliki teknik pembuatan yang rumit. Kayu lapis biasanya lebih banyak digunakan daripada kayu solid karena lebih tahan retak, susut, atau bengkok.

Lembaran kayu yang tipis (biasa disebut *veneer* atau *venir*) direkatkan bersama dengan arah serat atau urat kayu (*grain*) yang diatur sedemikian rupa untuk menciptakan hasil yang lebih kuat; biasanya saling bersilangan (90°) antar lapisan yang berdekatan. Lapisan-lapisan ini umumnya ditumpuk dalam jumlah ganjil untuk mencegah terjadinya pembelokan (*warping*) dan menciptakan konstruksi yang seimbang. Lapisan dalam jumlah genap akan menghasilkan papan yang tidak stabil dan mudah ter-distorsi. Saat ini kayu lapis tersedia dalam berbagai ketebalan, mulai dari 0,8 mm hingga 25 mm dengan tingkat kualitas yang berbeda-beda.

Finishing Wood Stain, jenis pewarna kayu ini sering digunakan pada proses *finishing natural transparent*. *Wood stain* adalah bahan pewarna kayu yang berfungsi untuk membangun nilai estetika warna pada tampilan warna yang dihasilkan pada hasil akhir *wood finishing*. Hasil aplikasi *wood stain* memperlihatkan keindahan serat kayu.

Wood stain dapat dengan mudah dikenali karena bentuk fisiknya yang berupa larutan encer dengan warna tertentu. *Wood stain* terbuat dari satu atau lebih pigmen, yang dilarutkan dengan larutan tertentu dan ditambahkan binder untuk mengikat campuran pigmen tersebut. Saat diaplikasikan, larutan ini akan meresap pada media kayu dan mewarna media kayu tersebut. Semakin tebal aplikasi *wood stain*, maka warna yang dihasilkan akan semakin gelap. (Bioindustries Corp.).

Powder Coating adalah salah satu proses pengecatan/pelapisan permukaan. Proses coating ini biasanya melalui beberapa tahap proses *treatment* yang bertujuan mempersiapkan permukaan baja dapat terlapsi dengan sempurna. Salah satu proses *treatment* adalah proses *degreasing*, yaitu proses pencelupan material pada

bahan kimia lalu pada air bersih yang bertujuan membersihkan material dari kotoran-kotoran lemak/gemuk yang melekat. Sebagaimana kita ketahui, material plat baja biasanya dilumuri oli pada permukaannya agar tidak bersentuhan langsung dengan udara yang dapat menimbulkan karat. Lapisan ini harus dibersihkan secara menyeluruh sebelum permukaan dicat agar cat dapat menempel sempurna pada material yang digunakan.

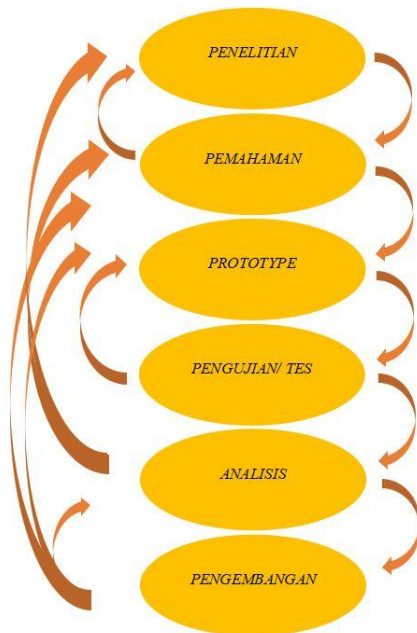
Kemudian dilakukan proses *phosphating*, yaitu proses merendam material ke dalam cairan kimia anti karat, biasanya berwarna keabu-abuan. Setelah itu baru dimulai dengan proses coating dengan menyemprotkan serbuk warna pada seluruh permukaan material secara merata dan tidak boleh berlubang.

Proses terakhir yaitu material dimasukkan dalam mesin oven yang dengan suhu tertentu sehingga *powder coat* akan kering dan melekat sempurna pada material.

G. Definisi dan Tujuan Ergonomi

Ergonomi adalah ilmu, seni dan penerapan teknologi untuk menyasikan atau menyeimbangkan antara segala fasilitas yang digunakan baik dalam beraktivitas maupun istirahat dengan kemampuan dan keterbatasan manusia baik fisik maupun mental sehingga kualitas hidup secara keseluruhan menjadi lebih baik. (Tarwaka 7)

III. METODE PERANCANGAN



Gambar. 1. Metode perancangan yang digunakan dalam pembuatan produk.

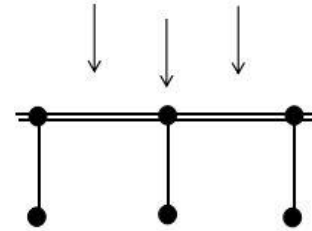
A. Tahap Penelitian

Pada tahap ini perancang mengumpulkan data-data literatur dan tipologi produk serupa dari sumber terpercaya. Dilakukan pencarian material kuat tekan, dan mencari studi aktivitas gempa.

Selanjutnya dilakukan wawancara dengan memberi kuesioner mengenai produk perancangan yang cocok, mencari studi aktivitas saat terjadi gempa bumi dan mencari dimensi antropometri manusia pada tiap aktivitas yang digunakan.

B. Tahap Pemahaman

Pada tahap ini dilakukan proses *design thinking* sebagai proses pemecahan masalah, dan juga dilakukan sketsa desain dengan membuat skema penyaluran beban yang terjadi.



Gambar. 2. Contoh skema perhitungan penyaluran beban pada meja.

C. Tahap Prototype

Tahap ini merupakan realisasi pembuatan produk jadi berdasarkan konsep dan teknik perancangan produk yang didapatkan pada tahap sebelumnya.

D. Tahap Pengujian/ Tes

Tahap ini dilakukan pengujian pada produk.

E. Tahap Analisis

Tahap ini dilakukan analisa data - data pada tiap eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya.

F. Tahap Pengembangan

Tahap ini merupakan tahapan penyempurnaan data - data dari hasil analisis sebelum.

IV. KONSEP DESAIN

Perancangan meja tahan gempa memiliki dua fungsi sebagai meja kerja dalam aktivitas sehari - hari dan sebagai media perlindungan jika terjadi gempa bumi. Konsep desain yang digunakan dalam perancangan produk yakni *adapt* dan *simple*. *Adapt* berarti produk dapat menyesuaikan diri terhadap lingkungan. *Simple* dari bentukan produk yang minimalis dengan penekanan penggunaan batang yang fungsional.

Pemilihan warna yang digunakan pada produk dengan warna terang seperti krem dan putih, bentuk produk cenderung statis dengan penggunaan kombinasi bidang geometri segitiga yang dibuat meruang atau tiga dimensi. Batasan desain ditentukan agar pembuatan desain tidak terlalu luas, dengan penggunaan rangka batang yang minim.

V. PROSES EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Pada perancangan produk dilakukan dua eksperimen. Pada eksperimen pertama dilakukan dengan skala 1:2, artinya dimensi produk dan material, beban, dan ketinggian dibagi dua. Beban 160 kg dari ketinggian 2 meter pada meja uji. Tujuan dari eksperimen ini untuk mencari material yang cocok digunakan pada produk meja, mengetahui karakter material besi dan multiplek, mengetahui kekuatan struktur rangka besi.

Pemilihan jenis besi yang dipakai sebagai material utama untuk kontruksi rangka meja.



Gambar. 3. Tahap pertama pada eksperimen pertama.

Pembuatan produk dengan material besi *hollow* persegi 2 cm, material multiplek sengon digunakan sebagai *top table*. Penyambungan rangka besi sebagai kontruksi meja dengan menggunakan teknik las listrik.



Gambar. 4. Tahap kedua pada eksperimen pertama.

Beban 160 kg dijatuhkan ke atas produk uji dari ketinggian 2 meter.



Gambar. 5. Tahap pengujian produk pada eksperimen pertama.

Ujicoba produk berhasil, bahkan bisa melebihi kapasitas beban yang diharapkan. Produk mengalami sedikit cacat di beberapa bagian.



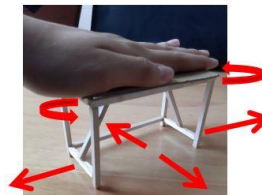
Gambar. 6. Hasil eksperimen pertama.

Pada eksperimen pertama, didapat hasil eksperimen tersebut berhasil karena dapat menahan beban lebih dari yang diharapkan. Material besi memiliki karakter kuat tarik untuk mempertahankan kontruksi rangka pada meja, material multiplek memiliki karakter kuat tekan sebagai media penahan beban, struktur miring yang digunakan pada kontruksi meja bisa dikembangkan lagi karena lebih kaku untuk mempertahankan rangka besi.

Eksperimen kedua merupakan pengembangan dari

eksperimen pertama. Eksperimen kedua sebagai simulasi saat produk tertimpa beban kemudian berguncang karena gempa bumi. Tujuan dari eksperimen kedua untuk mengetahui arah gaya penyaluran beban yang terjadi, struktur dan kontruksi yang cocok digunakan dalam perancangan produk.

Eksperimen kedua dilakukan dengan pembuatan maket studi skala 1:10, diuji menekan produk dengan tangan lalu digeser dan diputar pada contoh gambar dibawah. Eksperimen kedua dilakukan dengan pembuatan maket sebanyak lima belas buah, dengan hasil dan pembahasan sebagai berikut.



Gambar. 7. Contoh eksperimen kedua.

Setelah diuji dengan eksperimen kedua. Pada maket 1-4 didapatkan hasil kontruksi kurang kuat, beberapa bagian melendut saat ditekan, kurang kaku. Sehingga dapat dilakukan pengembangan dengan memakai kontruksi bidang segitiga karena lebih kaku dan kuat saat diberi tekanan.



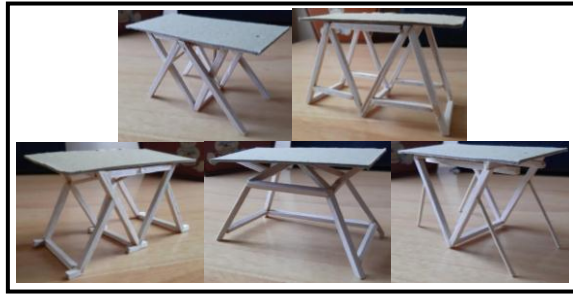
Gambar. 8. Maket studi 1 - 4.

Maket 5 - 6 merupakan desain pengembangan dari uji coba sebelumnya. Didapat hasil kontruksi terlalu kuat, desain produk terlihat masif, banyak rangka batang yang tidak perlu digunakan. Sehingga dilakukan pengembangan desain dengan penggunaan prinsip segitiga, mengurangi rangka batang.



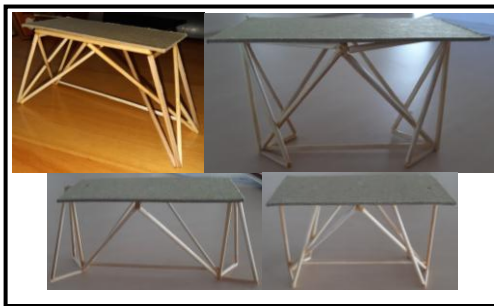
Gambar. 9. Maket studi 5 - 6.

Maket 7 - 11 merupakan desain pengembangan dari uji coba sebelumnya. Didapat hasil bentuk bidang segitiga memiliki sifat kaku yang baik, struktur segitiga kuat karena dapat membagi tekanan beban ke dua sisinya. Sehingga dilakukan pengembangan desain dengan membuat rangka batang bidang segitiga menjadi susunan rangka tiga dimensi, memakai rangka bentuk bulat.



Gambar. 10. Maket studi 7 - 11

Maket 12 - 15 merupakan desain pengembangan dari uji coba sebelumnya. Didapat hasil produk menjadi lebih kaku, bentuk segitiga yang dibuat tiga dimensi semakin efektif dalam penyaluran beban.



Gambar. 11. Maket studi 12 - 15

VI. DESAIN AKHIR

Desain akhir berupa tiga meja kerja. Kontruksi kaki meja menggunakan rangka besi hollow 3/4 inci dengan *finishing* coating warna putih, alas meja menggunakan bahan kayu olahan/ *plywood* jenis palm dengan *finishing clear doff*. Penyusunan rangka batang pada kontruksi kaki meja menggunakan sambungan las listrik.

Produk meja ditempatkan di ruang keluarga, memiliki fungsi sebagai meja kerja pada aktivitas sehari - hari dan dapat beralih fungsi sebagai media perlindungan saat terjadi gempa bumi dengan pengguna satu orang dewasa dan satu anak.



Gambar 12. Sebagai meja kerja dan berlandung

Struktur kaki meja dibuat miring dengan peletakkan ke arah luar. Jika meja tertimpa beban, gaya beban akan disalurkan melalui rangka ruang tengah dan disalurkan ke luar melalui kaki samping, sehingga gaya tekanan beban saling meniadakan.



Gambar 13. Foto produk jadi

VII. KESIMPULAN

Penggunaan sistem rangka ruang ke produk meja membuat rangka batang produk menjadi lebih kaku dan dapat menahan tegangan tekuk $40^\circ - 60^\circ$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] GAriestadi, Dian. *Teknik Struktur Bangunan Jilid 2 untuk SMK*. Jakarta: Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional. 2008.
- [2] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. *Indeks Rawan Bencana Indonesia*. Jakarta: BNPB. 2011.
- [3] Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana. *Pengenalan Karakteristik Bencana dan Upaya Mitigasinya di Indonesia*. Jakarta: Direktorat Mitigasi. 2007.
- [4] Clemen, Stanley.R, O'Daffer, Phares G., and Cooney, Thomas J. *Geometry with Application and Problem Solving*. California: Addison Wesley Publishing Company. 1984.
- [5] Dhani, Ratna. "Sistem Struktur Rangka Ruang". 2016. 18 Februari 2019. <https://www.slideshare.net/RatnaDhani/sistem-struktur-rangka-ruang-space-frame>
- [6] Inti Daya Engineering. "Mengenal Powder Coating". 2014. 8 Mei 2019. <https://www.intidayaonline.com/mengenal-powder-coating/>
- [7] Joyce, Ernes. *The Technique of Furniture Making*. London: B.T. Batsford Limited. 1970.
- [8] Kochi Internasional Association. "Persiapan Menghadapi Gempa Bumi Nankai". 2008. 5 Januari 2019. <http://www.kochi-kia.or.jp/earthquake/indonesian/?s=00&ss=000-01>
- [9] Sahera S. Vaesar. *Studi Literatur Mengenai Ruang Keluarga, Dapur, Ruang Tidur Utama Dan Kamar Mandi*. Jakarta: Academia Edu. 2011.
- [10] Tarwaka, Solichul, dan Lilik. *Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA PRESS. 2004.
- [11] Yuliarti, Felichyta. "Pengenalan Wood Stain Dalam Dunia Finishing". 2018. 9 Mei 2019. <https://www.catkayu.com/pengenalan-wood-stain-dalam-dunia-finishing-5280.html>