

Analisa Pengaruh Ketebalan Plat Marmer Terhadap Kekuatan Impact dan Bending

Muhammad Asiri

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muslim Indonesia Makassar

Jln. Urip Sumohardjo KM. 05 Kampus II UMI

Telp. (0411) 443685

Abstrak

Marmer pada umumnya digunakan pada konstruksi bangunan perumahan sebagai bahan pendukung, menggunakan marmer sebagai komponen penting dan presisi menghadapi banyak masalah, kegetasannya menyebabkan sukar untuk dimesin tidak cukup ulet dan tidak cukup kuat serta kualitasnya yang tidak merata akan tetapi kemajuan yang dicapai dalam teori dan teknologi.

Penggunaan marmer yang berhubungan erat dengan mesin-mesin presisi. Hasil perhitungan diperoleh ;

- Untuk uji impact harga tertinggi $U = 5,985 \text{ j/mm}^2$ pada marmer warna hijau pada ketebalan 10 mm, sedang marmer warna putih $U = 5,398 \text{ j/mm}^2$ pada ketebalan yang sama.
- Untuk uji bending pada marmer dengan ketebalan 6 mm $\sigma_1 = 35,42 \text{ N/mm}^2$, yang berwarna hijau dan marmer yang berwarna putih dengan ketebalan 10 mm $\sigma_2 = 21,00 \text{ N/mm}^2$

Kata kunci : Pengaruh Ketebalan Plat Marmer Terhadap Uji Impact Dan Bending

I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi di negara kita dewasa ini utamanya perkembangan dunia industri semakin pesat sejalan dengan potensi sumber daya alam Indonesia yang cukup besar. Penggunaan material khususnya logam lebih banyak digunakan baik untuk keperluan konstruksi bangunan mesin, jembatan dan lain-lain, tidak hanya itu material logam lebih banyak mendominasi dikalangan dunia industri oleh sebab itu penggunaan logam lebih banyak, dikarenakan struktur dan sifat logam itu sendiri lebih kuat dibanding dengan material lain, akan tetapi banyak material non logam lang mempunyai sifat dan struktur yang cukup kuat dan dapat digunakan sebagai material pendukung

dalam bangunan mesin, sebagai contoh marmer yang mana mempunyai struktur penyusun dari beberapa mineral alam yang berpotensi dalam pengembangan produk teknologi.

Marmer pada umumnya digunakan pada konstruksi bangunan perumahan sebagai bahan pendukung, menggunakan marmer sebagai komponen penting dan presisi menghadapi banyak masalah, kegetasannya menyebabkan sukar untuk dimesin tidak cukup ulet dan tidak cukup kuat serta kualitasnya yang tidak merata akan tetapi kemajuan yang dicapai dalam teori dan teknologi memberikan jalan untuk Memecahkan permasalahan diatas, Dalam penggunaan marmer yang berhubungan erat dengan mesin - mesin presisi. Marmer dengan sifat-sifat khas

fungsionalnya dalam elektromagnetik, mekanik optik, termal, biokimia dan sifat lainnya, sekarang ini marmer banyak dipakai di berbagai bidang termasuk penggunaan diruang angkasa elektronik, dan industri mekanik.

Dalam operasionalnya sering dijumpai berbagai kerusakan pada plat marmer kerusakan pada struktur merupakan perhatian beberapa pihak mulai dari perancang bagian produksi dan pemeliharaan inspektor, Untuk lebih meningkatkan kemampuan marmer pada konstruksi bangunan mesin maka dirasa perlu untuk menganalisa serta pengembangan marmer itu sendiri,. Oleh sebab itu kami tertarik untuk menganalisa sampai sejauh mana kekuatan, daya tahan marmer untuk diladkan bagian dari konstruksi bangunan mesin

1.2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh ketebalan plat marmer terhadap pembebanan impact dan bending
2. Membandingkan kekuatan marmer putih dan marmer hijau.

1.3. BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang dipergunakan dalam analisa ini adalah:

1. Karakteristik dan dimensi marmer ditentukan
2. wama marmer yang digunakan untuk pengujian impact dan bending adalah warna putih dan hijau
3. Struktur material tidak dibahas lebih lanjut
4. Jenis takikan pada uji impact berupa takikan segi tiga dan menggunakan metode Charpy
5. Temperature pada pengujian impact menggunakan temperatur kamar.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. PENGERTIAN MARMER

Dalam ilmu geologi marmer (pualam) adalah batuan jenis metamorf yang berasal dari batu gamping yang melalui proses metamorfose kontak maupun metamorfose regional. Mermer disebut pula sebagai marble, batu pualam, hasil proses metamorfose regional dari jenis batu gamping. Oleh karena itu jenis dari batu marmer tergantung dari jenis batuan asal (Sukandarrumidi,1998).

Pada metamorfose kontak tingkat metamorfose bertahap makin rendah apabila menjauhi instruksi batuan beku. Oleh karenanya sering masih terlihat struktur asli dari batu gampingnya. yang jelas bahwa batu pualam (marmer) merupakan hasil metamorfose dari batu kapur. Rekristalisasi terjadi karena suhu dan tekanan.Strukturnya kompak, gugusan kristalnya sama dan halus sampai agak kasar, sebagaimana variasi dari batu kapur.

Mengenai warna dapat dikatakan berfariasi dari putih susu, abu-abu muda, hijau,coklat, merah bahkan hitam, Semuanya disebabkan karena jumlah dan jenis zat pengotor, warna kemerahan disebabkan oleh mangan, oksidasi besi. sedangkan wama kehitaman karena zat organik.

2.1.1 Proses Terjadinya Marmer

Batuan adalah benda alam yang menjadi penyusun utama bumi. Berdasarkan proses terbentuknya batuan digolongkan atas tiga bagian yaitu: Batuan beku, Sedimen, Metamorfose.

1. **Batuan beku**, merupakan batuan yang terjadi dari pembekuan larutan silica dan prjar (magma). contoh batu spmg, granit, gabro dan sebagainya.
2. **Batuan Sedimen**, merupakan batuan yang berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman. yang pada umumnya lapisan kulit bumi hasil endapan dari danau, laut, dan sebagainya. Contoh batu pasir, batu bara, batu gamping, batu kapur dan sebagainya

3. **Batuan Metamodose** yaitu jenis batuan yang terbentuk dari batuan beku atau batuan sediment yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature pada kulit bumi. Contoh batu marmer, kwarsit, batu sabak, dan sebagainya.

Proses terjadinya marmer didukung oleh tiga fase diatas, akan tetapi penyusun utama dari marmer itu sendiri terdiri dari beberapa mineral-mineral yang terdiri dari mineral utama, mineral pengiring, dan sekunder, yaitu sebagai berikut :

2.1.2. Kualitas Marmer

Tingkat metaforfose dari tingkat rendah hingga tinggi berawal dari zeolite facies hingga granulite facies dan ini tampak pada sayatan petrografi. Berdasarkan atas kegunaannya marmer dibagi menjadi dua jenis yaitu marmer ordinario untuk bangunan dan marmer statuario untuk seni pahat

Tabel 1. Daya Aus dan kekuatan Tekan Marmer

Kelas	Daya Aus (mm.menit)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	< 0,100	1500 – 200
2	0,100 – 0,130	1200 – 1400
3	0,130 – 0,10	900 – 1100
4	< 0,160	300 – 800

Sumber : BAHAN GALIAN INDUSTRI : Prof. Ir. Sukandarrumidi, M.Sc, P.hd GAJAH MADA UNIVERSITY PRESS, Maret 1999

Keindahan marmer sangat ditentukan oleh tekstur, arah pemotongan terhadap pola tekstur, bentuk penggrnaan dan teknik polesan (polishing). disamping itu retakan rambut sering terjadi pada marmer yang sudah dipoles dan ini akan menurunkan kualitas marmer.

Marmer tidak tahan terhadap asam/air hujan. Oleh sebab itu bahan yang terbuat dari marmer seyogyanya terhindar dari sinar matahari atau air hujan agar polesan tahan lama.

Marmer yang berwarna putih dengan variasi warna noda hitam yang teratur

sistematis, memberikan kesan artistik yang sangat indah jika ditinjau dari warna, tekstur dan komposisi mineral serta daya tahan tekannya marmer ini termasuk Ornamental marble dan architectural marble sedang dalam klasifikasi kelas menurut Sukandarrumiddi Bahan Galian Industri 1999. maka marmer ini termasuk dalam kelas 3 pada tabel 1

2.1.3. Potensi Bahan Galian Marmer

Dalam penggunaan material marmer yang berhubungan erat dengan mesin-mesin presisi. Material marmer dengan sifat-sifat khas fungsionalnya dalam elektromagnetik, mekanik Optik, Termal, Biokimia dan sifat lainnya, Sekarang ini material marmer banyak digunakan diberbagai bidang termasuk penggunaan dibidang kelistrikan, Elektronik, dan industri mekanik, karena sifat mekaniknya yang baik seperti: Ketahanan pada temperature tinggi, ketahanan korosi, serta ketahanan aus.

2.1.4. Kekerasan mineral

Pada umumnya kekerasan mineral diartikan sebagai daya tahan mineral terhadap goresan, kekerasan adalah suatu sifat yang ditentukan oleh susunan dalam dari atom-atom. Kekerasan adalah ukuran daya tahan suatu permukaan rata terhadap goresan. Jika suatu mineral dapat digores oleh mineral lain maka yang belakangan ini dikatakan lebih keras dari mineral tadi.

Tabel 2. Skala Kekerasan MOHS

Kelas	Derajat kekerasan	Jenis Mineral
Paling lunak	1	Tlak
	2	Gypsum
	3	Kalsit
	4	Flourit
	5	Apatit
	6	Ortoklas
	7	Kuarsa
	8	Topas
Paling keras	9	Korundium
	10	intan

Sumber : BATUAN DAN MINERAL : Ir. DODDY SETIA GRAHA, NOVA BANDUNGB 1987

Setiap skala mohs yang lebih tinggi dapat menggores mineral-mineral yang lebih rendah, (Ir.Doddy Setia Graha, 1987). Kekerasan yang dimiliki intan (kekerasan mohs 10) dan korundum (kekerasan mohs 9) adalah salah satu ciri khas bahan keramik dengan kekerasan yang sangat tinggi. Kekerasan adalah ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi plastis pada permukaan bahan. Beberapa cara pengukuran kekerasan telah ditetapkan dengan cara dideformasi yang berbeda. Salah satu cara ialah kekerasan mohs, Vickers, brinell dan Knoop yang dipakai dalam industri. Penekanan pada bahan getas seperti keramik dalam banyak hal mengakibatkan retakan lokal mengikuti deformasi elastis.

2.1.5. Warna Marmer

Warna asli marmer adalah putih, tetapi terdapat warna pengotor yang justru membuat marmer menjadi menarik, mineral pengotor antara lain grafit memberi warna hitam-coklat, pyrit, ilmenit memberi warna coklat - kemerahan kadangkadang didapatkan juga dalam jumlah sedikit mineral lain yaitu: Dolomite, Kuarsa, Mika, Klorit, Plagioklas, Epidote, Diopsid, piroksen, Tremorit, wolastonite, Serpentin dan Periklas. Disamping itu tingkat metamorfosis dari tingkat rendah hingga tinggi berawal dari zeolite facies dan ini tampak pada sayatan petrografi.

2.1.6. Kuat Tekan Batuan

Kuat tekan batuan adalah daya tahan batuan terhadap tekanan yang bekerja padanya hingga batuan menjadi pecah. Harga kuat tekan yang diperoleh adalah besarnya tekanan dibagi luas permukaan batuan satuan yang digunakan adalah kilogram persentimeter bujur sangkar.

Kualitas batu marmer sebagai bahan baku untuk industri ditentukan oleh kilap batuan, motif atau corak batuan. Berdasarkan hasil penelitian di jumpai

warna-warna marmer seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Warna marmer

Kelas	Daya Aus (mm.menit)	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	Krem	45 krem
2	Putih	25 putih
3	Abu-abu kehitaman	19 abu-abu kehitaman
4	Coklat	11 coklat

Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan Teknik Departemen Perindustrian Bandung, 1977

Warna dan corak dengan motif bervariasi sedangkan kuat tekannya diperoleh 750-1200 (kg/cm²) dan spesifikasi grafit 2,84 - 2,94 berdasarkan hasil tersebut diatas maka bahan galian marmer di daerah penambangan memenuhi syarat spesifikasi untuk industri marmer berdasarkan standar industri Indonesia (STI).

Tabel 4. Komposisi Batu Marmer (Warna Hijau)

Komposisi	Prosentase
Plagioklas	20%
Kuarsa	20%
Biotit	15%
Mineral opak	15%
Abu vulkanik	40%
Jumlah	100%

Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan Teknik Departemen Perindustrian Bandung, 1977

Tabel 5. Warna marmer

Kelas	Unsur	Prosentase
1	CaO	52,21
2	Al ₂ O ₃	0,12
3	MgO	0,46
4	SiO ₂	1,43

Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan Teknik Departemen Perindustrian Bandung, 1977

Dari hasil pemeriksaan di Laboratorium contoh marmer daerah

penambahan, secara mikroskopik dari spary klasik 37 % dan fragment fosil 7 %

Tabel 6. Komposisi Batu Marmer (Warna Putih)

Komposisi	Prosentase
Plagioklas	10%
Biotit	15%
Mineral opak	5%
Kwarsa	20%
Massa dasar kristalin	50%
Jumlah	100%

Sumber : Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Bahan Teknik Departemen Perindustrian Bandung, 1977

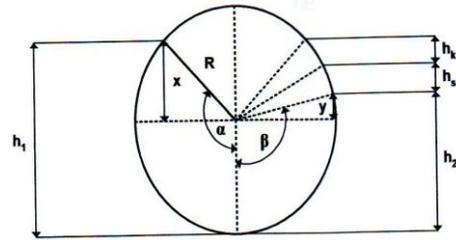
Jenis takikan yang kita gunakan untuk pengujian impak adalah takikan segitiga dengan bentuk dan ukuran spesimen uji seperti yang terlihat pada gambar diatas. Pengujian impact harus dicantumkan dengan metode apa dan dengan bentuk takikan apa pengujian dilakukan, sebab hasilnya tidak dapat disamakan satu sama lain. Ada beberapa macam bentuk patahan spesimen setelah dilakukan uji impact, yaitu :

1. Patah getas atau keraetakan bersuara, adalah rata dan mempunyai permukaan yang mengkilat. Tipe ini mempunyai nilai pukul takik yang rendah
2. Patah liat atau patah berubah bentuk. Mempunyai permukaan patahan yang tidak rata dan nampak seperti beludru, buram dan berserat. Tipe ini mempunyai nilai pukul takik yang tinggi.
3. Patah campuran, yaitu patahan yang sebagaian getas sebagian getas dan sebahagian liat. Tipe ini mempunyai nilai pukul takik yang sedang. (Beuner, 1978).

Apabila pengujian impact dilakukan pada temperature berlainan, maka makin rendah temperature yang digunakan maka kecil harga impact artinya makin getas, dan makin tinggi temperature makin besar harga benturan atau makin tangguh. (Geoge,1988). Ada tiga faktor yang

menyebabkan terjadinya patah pada pengujian impact yaitu : konsentrasi tegangan, temperature rendah, dan laju regangan yang tinggi. Ketiga faktor tersebut tidak perlu ada secara bersamaan untuk menimbulkan patah. Untuk melihat sifat-sifat suatu material akibat ketiga faktor tersebut diatas dilakukan pengujian impact. Pengujian ini dilakukan dengan jalan memukul spesimen hingga patah dengan cara mengayunkan bandul impact pada kecepatan tertentu, dimana mula-mula bandul diangkat hingga ketinggian tertentu dan diayunkan hingga membentur spesimen uji.

Usaha yang dipakai untuk mematahkan material persatuan luas penampang dinamakan kekuatan impact material tersebut, sehingga dapat ditentukan sebuah persamaan sebagai berikut :



Gambar 1. Metode Perhitungan Pengujian Impact

$$U = m . g . h \text{ (joule)}$$

Dan kekuatan impact :

$$V_s = \frac{m . g . h \text{ (joule)}}{A}$$

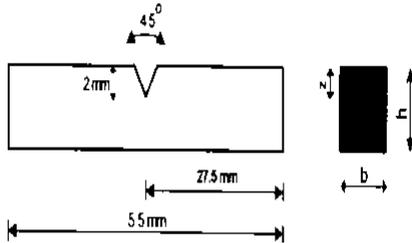
1. Tinggi bandul mula-mula (h_1)
 $h_1 = R + R \sin(\alpha - 90)$
2. Tinggi bandul setelah tumbukan (h_2)
dihitung dengan persamaan berikut :
 $h_2 = R + R \cos(\beta - 90)$

3. Usaha yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen sesuai persamaan :

$$U_1 = m . g . (h_1 - h_2) \text{ Joule}$$

4. Energi impact dinyatakan dengan simbol (U) dengan persamaan sebagai berikut :

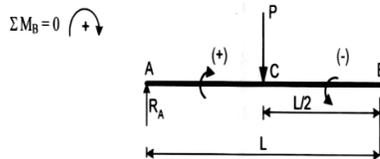
$$U = \frac{U_1}{A} \text{ Joule/m}^2$$



Gambar 2. Penampang Spesimen Uji impact

Beban maksimum yang di bagi luas penampang awal akan menghasilkan tegangan bending maksimum yang dirumuskan sebagai berikut :

1. Menentukan besar Reaksi pada tumpuan
 Reaksi pada tumpuan adalah besar beban yang diterima oleh tumpuan akibat pembebanan yang terjadi pada balok. Untuk menentukan besar reaksi pada tumpuan, maka digunakan persamaan momen :



Gambar 3. Posisi Pembebanan Sientris

$$RA \cdot L - P \cdot \frac{L}{2} = 0$$

$$RA \cdot L = \frac{P \cdot L}{2}$$

$$RA = \frac{P \cdot L}{2 \cdot L} = \frac{P}{2} (N)$$

2. Tegangan Lentur

Jika suatu balok yang ditumpu pada kedua ujungnya dan mendapatkan beban tangensial, maka pada balok tersebut akan mengalami tegangan

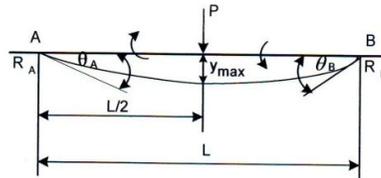
lentur (tegangan bengkok). Besar tegangan lentur yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l}$$

3. Momen Lentur

Jika pembebanan tangensial diberikan pada balok yang ditumpu pada kedua ujungnya, maka akan terjadi momen pada balok. Besar momen yang terjadi, tergantung pada besar beban yang bekerja, jenis beban, dan posisi pembebanan.

Jadi pembebanan pada pengujian lentur secara garis besarnya terdiri atas tiga jenis yaitu : beban titik, beban terbagi rata, dan beban berubah kontinyu. Jenis pembebanan yang kami gunakan untuk pengujian lentur (bending) adalah beban titik (satu titik) pada posisi pembebanan sentris.



Gambar 4. Lenturan yang terjadi pada batang tumpuan sederhana

Untuk menentukan besar momen lentur yang terjadi pada spesimen uji, digunakan persamaan sebagai berikut :

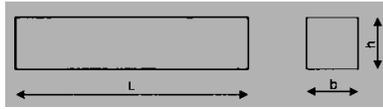
$$M_l = R_A \cdot L/2$$

4. Momen Tahanan Lentur

Momen tahanan adalah besar momen inersia dibagi dengan jarak dari sumbu netral lapisan terluar balok uji, momen tahanan lentur untuk bahan yang berpenampang persegi panjang adalah sebagai berikut :

$$W_l = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Dengan :



Gambar 3. Penampang specimen uji bending

5. Modulus Elastis (Modulus Young)

Jika batang ditekan dan mengalami lenturan, tetapi bila beban dihilangkan maka batang akan kembali seperti semula, maka batang ini dikatakan elastis, besar modulus elastisitas yang terjadi tergantung dari posisi pembebanan. Untuk beban titik (satu titik) pada posisi pembebanan sentries

Digunakan persamaan :

$$E = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot y \cdot I}$$

III. Metode Penelitian

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan bulan September 2009 bertempat di Laboratorium Metallurgi Fisik Jurusan Mesin politeknik Negeri Makassar

3.2. Alat dan Bahan

A. Alat

1. Mesin uji impact.
2. Universal Testing Machine merek
3. Mesin potong marmer
4. Kikir digunakan untuk membuat takikan pada spesimen uji impact

B. Material (Bahan)

Material yang dipergunakan untuk pengujian Impact adalah jenis marmer Putih Dan marmer hijau.

3.3. Prosedur Pengujian

A. Untuk pengujian impact

1. mengkalibrasi alat uji dengan cara meletakkan lengan bandul pada ketinggian h_1 , kemudian tuas penahan lengan bandul ditekan untuk

melepaskan lengan bandul, lengan bandul mengayun sampai pada ketinggian maksimum.

2. Meletakkan spesimen uji pada landasan dengan posisi horisontal
3. Meletakkan lengan bandul pada ketinggian h_1 dan menekan tuas penahan lengan bandul sehingga lengan bandul mengayun dan memukul spesimen uji yang diletakkan dilandasan, setelah spesimen uji patah, bandul mengayun sampai pada ketinggian h_2
4. Mencatat usaha yang dibutuhkan bandul untuk mematahkan spesimen pada dial indikator alat uji.

B. Untuk pengujian bending beban titik (satu titik) Sentris

1. Siapkan alat dan bahan
2. Hidupkan mesin hidrolik
3. Kalibrasi Mesin
4. Tentukan skala beban
5. Pasang roda penumpu dengan posisi $a = b$
6. Tempatkan balok uji diatas roda penumpu
7. Pasang dial indikator untuk mengukur besar lenturan yang terjadi
8. Gerakan mesin sehingga balok uji menyentuh penumpuh atas mesin.atur jarum dial indikator pada posisi 0.
9. Berikan beban dengan cara memutar tombol "speed control valve" pada posisi load
10. Catat besar beban pada saat dial indikator menunjukkan selisih 0,01 mm sampai pada lenturan maksimum.
11. Turunkan beban sehingga balok bagian atas mesin.
12. lepaskan balok uji tidak lagi menyentuh penumpu

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1.ANALISA DATA

- 4.1.1. Analisa data impact marmer hijau
 1. Beban bandul (U) = 10,34 kg

2. Panjang lengan bandul (R) = 600 mm
3. Energi bandul 100 = joule
4. Tinggi bandul mula-mula (h_1)

$$h_1 = R + R \sin(\alpha - 90)$$

$$h_1 = 600 + 600 \sin(135 - 90) = 1024 \text{ mm}$$
5. Tinggi bandul setelah tumbukan (h_2) dihitung dengan persamaan berikut :

$$h_2 = R + R \cos(\beta - 90)$$

$$h_2 = 600 - 600 \cos(129,5 - 90) = 981,65 \text{ mm}$$
6. Usaha yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen sesuai persamaan :

$$U_1 = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) = 10,34 \cdot 9,81 (1024,26 - 981,65) = 4,323 \text{ Joule}$$

$$U_1 = 16,59 \cdot 9,81 \cdot 1,50335 = 244,67 \text{ Joule}$$
7. Energi impact dinyatakan dengan symbol (U) dengan persamaan sebagai berikut :

$$U = \frac{U_1}{A} = \frac{4,323}{40} = 0,10807 \text{ Joule/m}^2$$

4.1.2. Analisa data perhitungan uji bending, marmer putih,

Data spesimen uji :

- L = panjang spesimen = 50 mm
 b = lebar spesimen = 10 mm
 h = Tinggi spesimen = 6 mm

Data hasil penelitian :

- P = Beban yang bekerja = 170 N
 Y_{\max} = Lenturan maksimum = 0,15 mm

1. Besar Reaksi pada tumpuan

$$R_A \cdot L - P \left(\frac{L}{2} \right) = 0$$

$$R_A \cdot L = \frac{P \cdot L}{2}$$

$$R_A = \frac{P \cdot L}{2 \cdot L} = \frac{P}{2} = N$$

Jadi:

$$R_A = \frac{170 \cdot N}{2} = 85 \text{ N}$$

2. Momen lentur

$$R_A = \frac{P}{2} = 85 \text{ N}$$

$$M_1 = R_A \cdot \frac{L}{2} = 85 \text{ N} \cdot \frac{50}{2} = 2125 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

3. Tegangan lentur

$$M_1 = 2125 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$h = 6 \text{ mm}$$

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l}$$

$$W_l = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{10 \cdot (6)^2}{6} = 60 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_l = \frac{M_l}{W_l} = \frac{2125 \text{ N} \cdot \text{mm}}{60 \text{ mm}} = 35,41 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan modulus elastic

$$E = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot Y \cdot I}$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{10 \cdot (6)^3}{12} = 180 \text{ mm}^3$$

$$E = \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot Y \cdot I} = 16396,60 \text{ N/mm}^2$$

4. Sudut lentur pada tumpuan

$$\theta_A = \theta_B = \frac{P \cdot L^2}{16 \cdot E \cdot I} = 0,009 \text{ rad}$$

Catatan : 1 Radian = 57,2958°

$$\text{Jadi} = 0,009 \cdot 57,2958^\circ = 0,515^\circ$$

4. 2. Analisa Pembahasan

Dari hasil perhitungan dan grafik dapat dianalisa beberapa variabel yang mempengaruhi perbedaan kekuatan / ketangguhan dan membandingkan kemampuan sifat mekanis material yang diuji

4.3. Analisa Pengujian Impact

a. Pengaruh Ketebalan plat Marmer Terhadap Kekuatan rmpack

Berdasarkan Hubungan antara energi Impact dan ketebalan bervariasi yaitu : 6 mm, 8 mm, dan 10 mm menunjukkan bahwa semakin tebal material yang digunakan maka semakin besar energi impact yang dibutuhkan untuk mematahkan material tersebut, yaitu pada ketebalan 6 mm menunjukkan Energi impact $U = 4,159 \text{ joule/mm}^2$ pada ketebalan, 8 mm menunjukkan energi Impact $U = 4,992 \text{ joule/mm}^2$ dan pada ketebalan 10 mm menunjukkan Energi impact $U = 5,398 \text{ joule/mm}^2$ hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain: luas daerah dibawah takikan, terjadinya retak rambut pada permukaan material saat proses polishing.

Untuk ketebalan 6 mm, energi impact yang dibutuhkan $U = 4,323 \text{ joule/mm}^2$, pada ketebalan 8 mm, Energi impact yang dibutuhkan $U = 5,149 \text{ joule/mm}^2$ dan pada ketebalan 10 mm energi impact yang dibutuhkan untuk mematahkan specimen adalah $U = 5,995 \text{ joule/mm}^2$

Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa marmer hijau lebih tangguh terhadap pembebanan tiba-tiba dibandingkan dengan marmer putih hal ini disebabkan oleh adanya Zat Pengotor yang terdapat pada marmer hijau. Zat pengotor yang tercampur saat proses pembentukan marmer dari batu kapur ke batu pualam seperti yang dikatakan dalam buku : **Bahan Galian Industri, Sukandarrumidi,** *batu pualam putih dihasilkan dari metamorfosa batu kapur murni dan batu kapur dolomite, sedangkan batu Pualam yang berwarna berasal dari metamorfosa batu kapur tidak murni, seperti : Zat organik, mangan, oksida besi dan lain-lain.*

Zat pengotor ini yang mempengaruhi sifat mekanis dari batu pualam oleh sebab itu batu pualam berwarna lebih kuat dibandingkan dengan batu pualam yang putih kekuatan maksimum marmer putih terjadi pada ketebalan 10 mm energi

impact yang diserap untuk mematahkan material adalah $U = 5,398 \text{ joule/mm}^2$ sedangkan hasil maksimum pada marmer hijau terjadi pada ketebalan 10mm harga energi impact yang diserap untuk mematahkan material adalah $U = 5,995 \text{ joule/mm}^2$

4.4. Analisa Pengujian Bending

Untuk mengetahui tegangan lentur (defleksi) yang terjadi pada pengujian Bending dengan menggunakan material marmer. Yang digunakan untuk bahan Bangunan pada lantai atau dinding. Sehingga marmer menerima beban dari berbagai Posisi seperti: Pada posisi pembebanan Sentris (Posisi pembebanan di tengah). Dan Pembebanan terbagi rata. Karena keterbatasan alat uji bending yang kita gunakan Sehingga hanya pembebanan Sentris yang dapat dilakukan. Meskipun pembebanan Sentris tidak dapat memberikan informasi menyeluruh tentang tegangan lentur (defleksi) yang terjadi pada material.

b. Pengaruh Ketebalan Plat Marmer Terhadap Tegangan Lentur

Berdasarkan hubungan antara tegangan lentur dengan ketebalan yang bervariasi yaitu 6 mm, 8 mm, dan 10 mm menunjukkan bahwa pada ketebalan 6mm tegangan lentur maksimum = $3512 \text{ (N/mm}^2)$, pada ketebalan 8 mm tegangan lentur maksimum = $31,64 \text{ (N/mm}^2)$ dan pada ketebalan 10 mm tegangan lentur maksimumnya = $30,75 \text{ (N/mm}^2)$.

Pada ketebalan 6 mm tegangan lentur maksimum $33,33 \text{ (N/mm}^2)$ pada ketebalan 8 mm tegangan lentur maksimum = $23,44 \text{ (N/mm}^2)$ dan pada ketebalan 10 mm tegangan lentur maksimum = $21,00 \text{ (N/mm}^2)$

Faktor yang menyebabkan marmer putih lebih tangguh dibandingkan dengan marmer hijau pada pengujian bending karena pada permukaan marmer putih tidak terdapat retak rambut. Retak rambut

pada permukaan marmer dapat menurunkan kualitas marmer. Berdasarkan teori **Sukadarrumidi** Batu pualam berwarna lebih kuat dibandingkan dengan batu pualam putih, karena batu pualam berwarna dihasilkan oleh Zat pengotor yang tercampur pada saat proses metaforfose marmer zat pengotor antara lain: grafit, pyrite, ilmenit, kuarsa, mika, dan lain-lain. hal ini yang mempengaruhi kualitas marmer. Akan tetapi hasil dari penelitian dan pengolahan data kami didapatkan bahwa marmer putih lebih tangguh dibandingkan dengan marmer hijau pada pengujian bending

Faktor yang menyebabkan marmer yang tipis yaitu pada ketebalan 6 mm, lebih tangguh terhadap pembebanan yang diberikan dibandingkan pada ketebalan 8 mm, dan 10 mm hal ini karena dipengaruhi oleh modulus elastisitas pada ketebalan 6 mm modulus elastisitasnya adalah = 16396.60 (N/mm²), pada ketebalan 8 mm Modulus Elastisitasnya adalah = 12676.53 (N/mm²) dan pada ketebalan 10 mm Modulus Elastisitasnya adalah = 10677,09 (N/mm²).

V. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa pembahasan maka kami dapat mengambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Dari hasil perhitungan uji impact harga tertinggi kekuatan impact $U = 5,985 \text{ joule/mm}^2$ ini dihasilkan oleh marmer berwarna hijau, pada ketebalan 10 mm sedangkan harga impact tertinggi dari marmer berwarna putih adalah $U = 5,398 \text{ joule/mm}^2$ pada ketebalan 10mm. untuk jenis pembebanan tiba-tiba atau tumbukan marmer hijau lebih tangguh. Dibandingkan marmer putih.
2. Pada hasil perhitungan uji bending harga tertinggi tegangan lentur maksimum terjadi pada marmer hijau dengan ketebalan 6 mm $\sigma_1 = 35,42 \text{ (N/mm}^2)$ dan harga terendah tegangan

lentur maksimum terjadi pada marmer putih dengan ketebalan 10 mm $\sigma_1 = 21,00 \text{ (N/mm}^2)$ faktor yang mempengaruhi tinggi atau rendahnya tegangan lentur pada pengujian bending adalah modulus Elastisitasnya pada marmer hijau dengan ketebalan 6 mm Modulus Elastisitasnya = 16396.60 (N/mm²) dan pada marmer putih dengan ketebalan 10 mm modulus elastisitasnya = 8750.00 (N/mm²).

Daftar Pustaka

- Doddy Setia Graham, 1987. Batuan dan mineral , NOVA Bandung September
- Sukandarrumidi, 1999, Bahan Galian Industri, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Diameter Goe, 1990, Metalorgy Mekanik, Terjemahan oleh Sriati Djapri Jakarta, Erlangga, Edisi ketiga Jilid I.
- Sriati Djapri, 1985, Teknologi Mekanik, Erlangga Jakarta
- Laurence H. Van Vlack, Ilmu dan Teknologi Bahan
- Suardia T. Shinroku Saito, 1995, Pengetahuan Bahan Teknik, PT. Pradya Paramita Jakarta
- Bachrawi Sanusi, SE 1984. Mengenal Hasil Tambang Indonesia, PT. Bina Aksara Jakarta.
- Ferdinand L. Siregar, Andrew Pytel, Darwing Sebayang (1995), "Ilmu Kekuatan Bahan" (Streng of materials), Erlangga Jakarta.