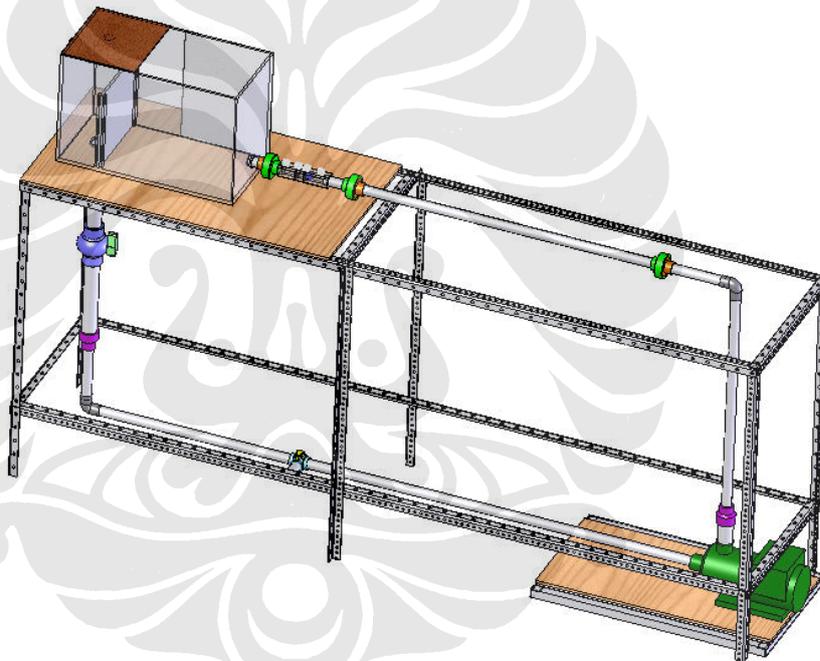


BAB III

RANCANG BANGUNG MBG

Peralatan uji MBG dibuat sebagai waterloop (siklus tertutup) dan menggunakan pompa sebagai penggerak fluida, dengan harapan meminimalisasi faktor udara luar yang masuk ke dalam sistem aliran pipa tunggal yang dapat mengakibatkan efisiensi dari pompa akan berkurang.

Pengamatan pembentukan *micro bubble* dilakukan pada bagian *test section*, untuk mengetahui jumlah *micro bubble* yang dihasilkan, pengamatan dilakukan pada bagian bak *acrylic* 60 x 30 x 40 cm.



Gambar 3.1 Diagram Skematik Peralatan Uji *Micro Bubble Generator*

3.1 BAGIAN – BAGIAN UTAMA MBG

Komponen utama adalah pompa, sistem pemipaan, Inverter, *test section* dan tangki (bak) pengamatan, dimana air dari pompa dialirkan ke *test section* melalui pipa. Alat MBG terdiri dari beberapa komponen penyusun dan pendukung, diantaranya:

a. Rangka (*Frame*)

Rangka disusun dari besi profil yang berlubang dengan dimensi 60 x 60 x 3 mm. Material tersebut dipilih karena selain harganya relatif murah, dari segi instalasi dan rigiditas mampu menopang konstruksi desain pembuatan MBG.

b. Pompa

Berfungsi untuk mengalirkan fluida yang digunakan dalam MBG.

Spesifikasi pompa yang digunakan:

Merk : Voss
Debit : 300 liter/menit
Total head : 20,5 m
Output : 400 W
Input : 220 V / 50 Hz / 1 PH
Rpm : 2850 rpm
Diameter pipa : 1.5"

c. Inverter

Berfungsi untuk mengubah putaran motor dari pompa sehingga debit dari pompa dapat diatur.

Spesifikasi *inverter* yang digunakan:

Merk : *LS Industrial Systems*
Daya : 0.75 kW (1 HP)
Input : 200-230 V / 1 PH / 9,2 A / 50 Hz
Output : 0-400 Hz / 3 PH / 5 A

d. *Test Section*

Test Section adalah alat yang berfungsi menghasilkan *micro bubble*, di mana *Test Section* terbuat dari bahan Acrylic tembus pandang, terdapat 1 (satu) buah bola dengan diameter 26 mm didalamnya, yang berfungsi menurunkan tekanan (jet) dan menghisap udara dari luar melalui lubang yang terdapat di *Test Section*. Udara tersebut akan didispersi

(dipecahkan) dalam ukuran yang lebih kecil akibat dari aliran turbulen yang terjadi pada bagian tekanan yang paling kecil.

e. Bak pengamatan

Bak pengamatan terbuat dari bahan *acrylic* tebal 8 mm, dengan dimensi 600 x 300 x 400 mm, terdapat partisi (sekat) sebagai pembatas antara saluran buang dan tempat pengamatan *micro bubble*.

f. *Fully Develop Area* (Area Pengkondisian Aliran)

Pengkondisian aliran pipa, merupakan area dimana aliran pipa yang telah stabil, tidak terkena efek turbulen dari pompa (*Fully Develop Area*). Penentuan area pengkondisian aliran ini didapat dengan perhitungan bilangan Reynolds apakah aliran yang keluar dari pipa adalah laminar dan turbulen.

g. Flow meter (Rotameter)

Rotameter merupakan peranti pengukuran aliran yang paling lazim dipakai, di mana aliran masuk melalui bagian bawah tabung vertikal tirus (*tapered*) dan menyebabkan “apung” bergerak ke atas. Alat ini memanfaatkan gaya seret (*drag force*) dengan gaya apung (*bouyancy*). Rotameter ini berfungsi sebagai pengukur Debit (Q) keluaran dari pompa.

h. *Digital Camera SLR & Handy Cam*

Kamera digital digunakan untuk mengambil gambar dari *micro-bubbles* yang dihasilkan, sedangkan Video digunakan untuk melihat hasil *micro-bubbles* yang terjadi pada tiap-tiap percobaan. Adapun Kamera yang digunakan adalah CANON EOS 300D 6,3 Megapixel dan Sony DCR-HC96.

i. Tambahan (*peripheral*)

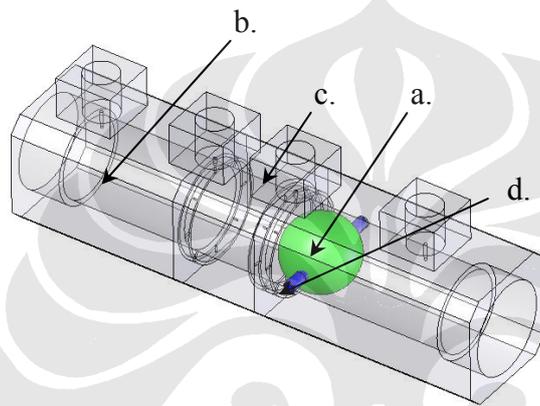
Peralatan tambahan adalah 3 buah lampu pijar, 3 buah lampu 100 Watt yang digunakan untuk membantu proses pencahayaan pada saat

pengambilan gambar. Karton dan Kalkir diharapkan membantu untuk mengisolasi daerah pengamatan yang akan digunakan untuk visualisasi gelembung.

3.2 RANCANGAN TEST SECTION

Test Section dirancang dengan menggunakan material *Acrylic* yang tembus pandang. Dimensi *Test Section* secara umum adalah 220 x 40 x 40 mm. Adapun beberapa bagian dari *Test Section*, antara lain :

Ket :



- a. Bola karet.
- b. Badan *Acrylic*.
- c. *Holder Nozzle*.
- d. As / poros.

Gambar 3.2 *Test Section*

Perbandingan ratio antara diameter bola karet (D_1) dengan diameter lubang (D_2) adalah $D_1 = 26$ mm; $D_2 = 28$ mm, $D_2 = 1.08 D_1$. Rasio tersebut cukup untuk mendapatkan *pressure drop* pada bagian *Test Section*, sehingga udara luar dapat secara otomatis terhisap kedalam *Test Section* (perhitungan mengenai *pressure drop* di *Test Section* dapat dilihat di sub-bab 3.3).

3.3 PERHITUNGAN PRESSURE DROP PADA TEST SECTION

Berdasarkan persamaan Bernoulli di Bab II, poin 2.3.1 maka nilai *pressure drop* yang diinginkan dapat ditentukan, terdapat beberapa parameter perumpamaan (asumsi) dalam perhitungan ini, antara lain :

Diketahui :

ρ_{air} : 1000 kg/m³

Q : 300 L/min = 0,005 m³/s [kemampuan pada pompa]

Diameter Pipa : 1,5 inch = 0,0381 m

Asumsi :

D_1 (misal) : 2,8 cm = 0,028 m

$D_1 > D_2$

$Q_1 = A_1 \times V_1$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{0,005}{\frac{\pi}{4} \times (0,028)^2} = 8,116883 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = Q_3$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_3 \cdot V_3$$

D_3 (misal) : 2,6 cm = 0,026 m

$$V_3 = \frac{A_1 \cdot V_1}{A_3} = \frac{0,00062 \times 8,116883}{0,000085} = 58,92256 \text{ m/s}$$

Persamaan Bernoulli :

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} + Z_1 = \frac{P_3}{\rho_3} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g} + Z_3 \quad (\text{dari persamaan 2.1})$$

Asumsi $Z_1 = Z_3$; dan $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$\frac{P_1}{\rho_1 \cdot g} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = \frac{P_3}{\rho_3 \cdot g} + \frac{V_3^2}{2 \cdot g}$$

$$\frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \frac{V_3^2}{2 \cdot g} = \frac{P_3}{\rho_3 \cdot g} - \frac{P_1}{\rho_1 \cdot g}$$

$$\frac{V_1^2 - V_3^2}{2 \cdot g} = \frac{P_3 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$\frac{V_1^2 - V_3^2}{20} = \frac{P_3 - P_1}{1000 \cdot 10}$$

$$P_3 - P_1 = \frac{(V_1^2 - V_3^2) \cdot 10000}{20} \quad (\text{dari persamaan 2.2})$$

$$P_3 - P_1 = \frac{(8,116883^2 - 58,92256^2) \cdot 10000}{20}$$

$$P_3 - P_1 = -1702992 \text{ N/m}^2 = -17,02992 \text{ bar}$$

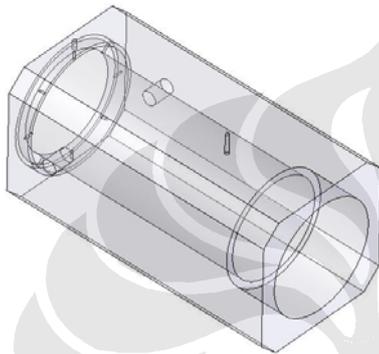
Jadi dari asumsi diatas, didapatkan *pressure drop* di *Test Section* sebesar **- 17,02992 bar**.

3.4 DETAIL RANCANG BANGUN *TEST SECTION*

Setelah menentukan nilai dari *Pressure Drop*, maka dilakukan tahapan selanjutnya yaitu detail rancangan dari *Test Section* dengan harapan, fungsi dari *Test Section* dalam menciptakan gelembung dengan ukuran mikron dapat tercapai. Detail rancangan terdiri dari :

a. *Body 1*

Body 1 adalah bagian pertama dari *Test Section*, di mana pada bagian ini berfungsi sebagai pemegang bagi Bola Karet dan Poros, pada *Body 1* terdapat juga lokasi lubang tempat *Pressure Drop* terjadi.



Material yang digunakan adalah *Acrylic* dengan dimensi :

Panjang : 80 [mm]

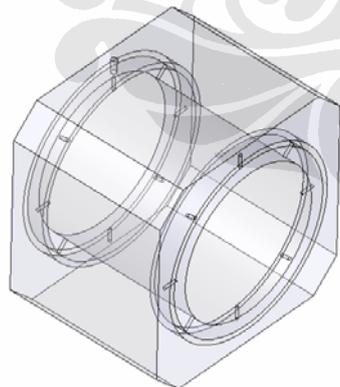
Lebar : 60 [mm]

Tinggi : 60 [mm]

Gambar 3.3 *Body 1*

b. *Body 2*

Body 2 memiliki kesamaan fungsi dengan *Body 1*, bagian ini adalah penghubung dan tempat *reservoir* udara yang terhisap oleh *pressure drop*.



Material yang digunakan adalah *Acrylic* dengan dimensi :

Panjang : 30 [mm]

Lebar : 60 [mm]

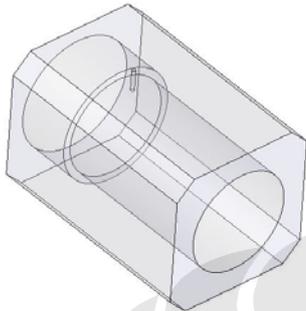
Tinggi : 60 [mm]

Gambar 3.4 *Body 2*

c. *Body 3*

Body 3 berfungsi sebagai pemegang dan menjadi titik pengukuran tekanan keluaran dari aliran air setelah melalui bola karet.

Material yang digunakan adalah *Acrylic* dengan dimensi :



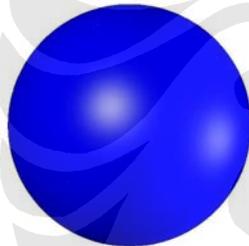
Panjang : 60 [mm]

Lebar : 60 [mm]

Tinggi : 60 [mm]

Gambar 3.5 *Body 3*

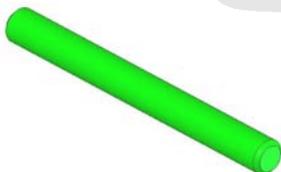
d. Bola Karet



Bola Karet digunakan sebagai perndispersi gelembung yang berada di dalam *Test Section*, Bola Karet adalah bola yang memanfaatkan bola bekel dengan diameter 26 mm.

Gambar 3.6 Bola karet

e. Poros

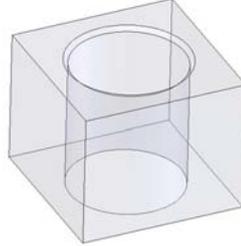


Poros didesain sebagai pengikat bagi Bola Karet, yang terbuat dari bahan *Acrylic* dengan ukuran, diameter = 4 [mm]; panjang = 40 [mm].

Gambar 3.7 Poros

f. *Holder Nozzle*

Holder Nozzle, dirancang sebagai pemegang bagi *Valve*, untuk keperluan dalam proses pengukuran tekanan di *Test Section*.



Gambar 3.8 *Holder Nozzle*

3.5 AREA PENGKONDISIAN ALIRAN (*FULLY DEVELOP AREA*)

Setelah menentukan desain *Test Section*, tahap selanjutnya adalah perancangan area pengkondisian aliran, diharapkan pada area ini kecepatan aliran fluida (air) memiliki profil kecepatan yang hampir seragam.

Adapun perhitungan penentuan area pengkondisian aliran, diambil berdasarkan referensi pada Bab II, persamaan 2.3, yaitu :

Penentuan bilangan Reynolds, di mana :

$$R_e = \frac{\rho \bar{V} D}{\mu} \quad [4]$$

Diketahui :

ρ_{air}	: 1000 kg/m ³
Q	: 300 L/min = 0,005 m ³ /s (kondisi max. kemampuan pompa)
μ	: 7,975 x 10 ⁻⁴ N.s/m ² (untuk kondisi air pada suhu 30 ^o)
D	: 1 inci = 0,0254 m

Maka :

$$Q = A \bar{V}$$

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} = \frac{0,005}{\pi \cdot (0,0127)^2} = 9,86 \text{ m/s}$$

$$R_e = \frac{1000 \times 9,86 \times 0,0254}{7,975 \times 10^{-4}} = 314036,36$$

Dari perhitungan di atas, maka dapat diketahui bahwa aliran yang keluar dari pompa adalah Turbulen, karena $Re > 4000$.

Setelah diketahui jenis aliran fluida keluaran dari pompa, maka penentuan panjang area pengkondisian aliran dapat ditentukan, yaitu :

$$\frac{\ell_e}{D} = 4,4 (Re)^{1/6} \quad (\text{dari persamaan 2.5})$$

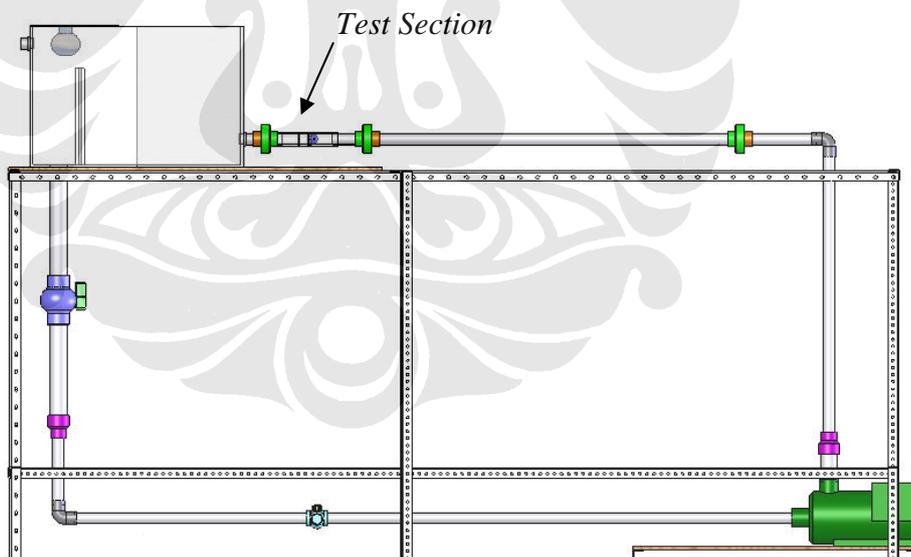
$$\ell_e = 4,4 (Re)^{1/6} \times D$$

$$\ell_e = 4,4 (314036,36)^{1/6} \times 0,0254$$

$$\ell_e = 0,92 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan di atas, area pengkondisian aliran dari pompa menuju *Test Section* adalah 1 m.

Berdasarkan hasil perhitungan, dirancang jarak *Test Section* ke pompa lebih dari 1 m, dengan maksud area pengkondisian aliran dapat tercapai. Untuk visualisasi yang lebih jelas, dapat dilihat pada ilustrasi gambar di bawah ini.

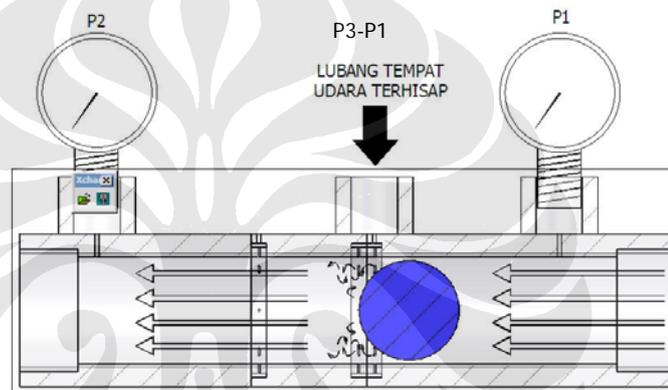


Gambar 3.9 Aplikasi Area Pengkondisian Aliran ($\pm 1,5$ m)

3.6 SKEMA PENGUKURAN TEKANAN PADA *TEST SECTION*

Test Section adalah tempat dilakukannya pengamatan dan pengukuran proses terbentuknya *micro-bubbles*. Proses pengukuran yang dilakukan adalah :

1. Proses pengukuran tekanan dilakukan pada titik P1, dimana pada titik ini diukur kondisi tekanan air sebelum masuk melalui bola, proses pembacaan tekanan pada titik P1 menggunakan alat bantu pressure gage dan manometer raksa.
2. Pengukuran tekanan yang kedua dilakukan pada titik P3 dimana tekanan diamati setelah keluar melewati bola. Proses pembacaan tekanan hanya menggunakan manometer raksa, dengan membaca .



Gambar 3.10 Skema Pengukuran Tekanan

Pengambilan data tekanan diatur dengan menggunakan inverter, dengan cara mengatur frekuensi, yang akan mempengaruhi kepada debit / kecepatan aliran air. Percobaan pengambilan data dilakukan pada interval frekuensi 30 – 40 Hz.

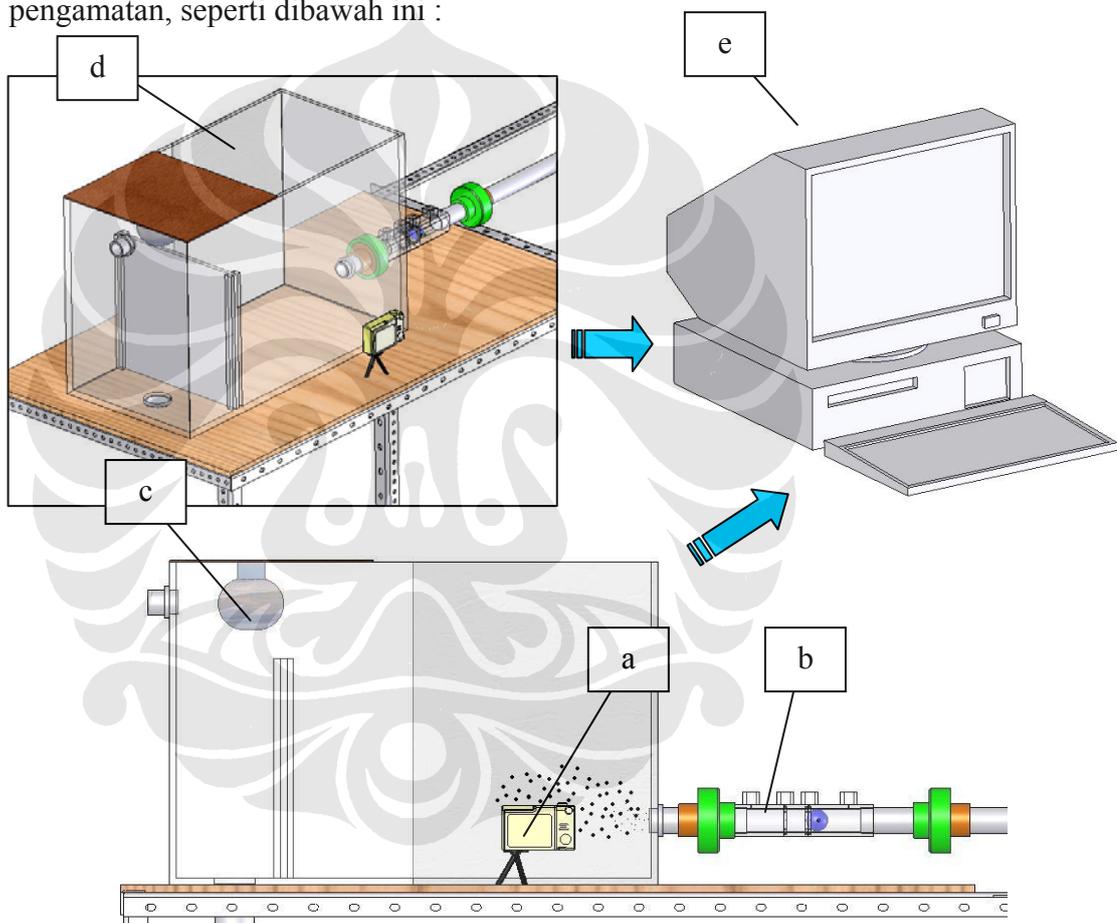
3.7 SKEMA PENGAMBILAN GAMBAR *MICRO-BUBBLES*

Pengambilan gambar *micro-bubbles* pada tangki pengamatan, dilakukan dengan cara, yaitu :

1. Setting kamera digital CANON EOS 300D (6,3 megapixels) pada jarak \pm 60 mm terhadap tangki pengamatan.
2. Bagian belakang tangki ditutup dengan kertas kalkir. Kertas tersebut membantu proses pengamatan gelembung yang dihasilkan dari *test section*.

3. Proses penerangan menggunakan 3 buah lampu pijar 100 Watt. Lampu dipasang pada bagian atas tangki pengamatan. Hal tersebut diharapkan dapat memberikan cahaya yang cukup untuk menangkap *micro-bubbles*.
4. Pengambilan gambar dilakukan sebanyak lebih dari 10 kali, untuk tiap percobaan.
5. Gambar yang ditangkap oleh kamera, kemudian diolah menggunakan image processor *ImageJ*^[5].

Berikut adalah skema pengambilan gambar *micro-bubbles* pada tangki pengamatan, seperti dibawah ini :



Gambar 3.11 Skema Pengambilan Gambar *Micro-bubbles*.

Ket :

- a. Kamera *Digital CANON EOS 350D (SLR)*.
- b. *Test Section*.
- c. 3 buah Lampu Pijar 100 Watt.
- d. Kertas Kalkir.
- e. Image Processor menggunakan *ImageJ*.