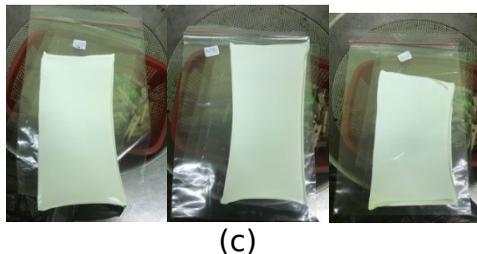
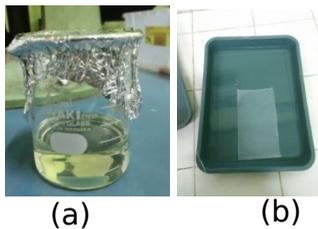


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pembuatan Membran Selulosa Asetat

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan ekstrak bawang putih pada kadar tertentu terhadap sifat antibakteri pada membran selulosa asetat. Metode yang dilakukan pada proses pembuatan membran selulosa asetat dimulai dengan pembuatan larutan dengan menambahkan ekstrak bawang putih sebesar 0,02 gram pada selulosa asetat sebanyak 3,98 gram, 0,03 gram ekstrak bawang putih pada 3,97 gram selulosa asetat, dan 0,04 gram ekstrak bawang putih pada selulosa asetat sebesar 3,96 gram.



**Gambar 4.1** Proses Pembuatan Membran, (a) Larutan Selulosa Asetat dengan Ekstrak Bawang Putih, (b) Perendaman Membran dengan Aquades (c) Membran setelah di keringkan

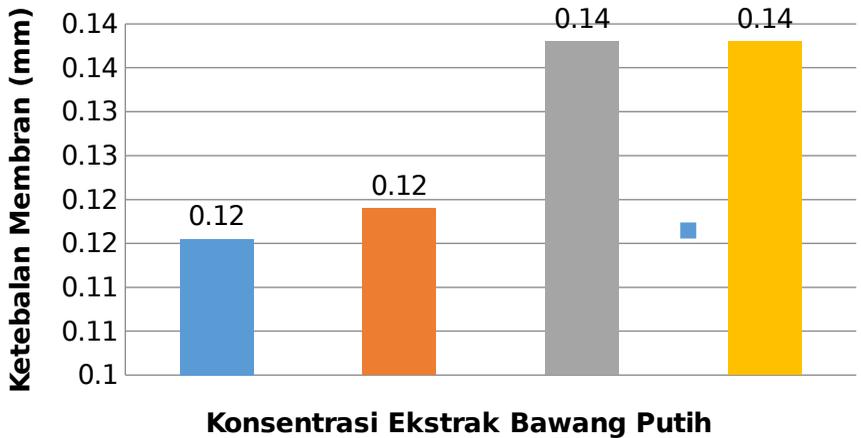
Penambahan ekstrak bawang putih berfungsi sebagai antibakteri pada membran. Menurut Salima (2015), kandungan bawang putih yang diyakini memiliki aktivitas antibakteri adalah flavanoid yang merupakan turunan senyawa fenol. Flavanoid bekerja dengan cara mendenaturasi protein yang dimiliki

bakteri. Selulosa asetat dan ekstrak bawang putih kemudian dilarutkan dengan pelarut dimetilformamida (DMF) sebanyak 20 ml kemudian di homogenkan menggunakan *magnetic stirrer* dan selanjutnya didiamkan selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung yang muncul pada proses pengadukan. Setelah itu dilakukan pencetakan dengan pisau casting.

Pada proses pencetakan membran, dilakukan pembersihan plat kaca dan pisau casting terlebih dahulu menggunakan aseton. Setelah itu larutan dituangkan diantara pisau casting dan diratakan dan ditunggu hingga 30 detik sebelum masuk ke perendaman. Kemudian dilakukan perendaman di akuades kurang lebih selama 10 menit pada suhu ruang. Perendaman tersebut bertujuan untuk membuat pelarut pada polimer berdifusi sehingga konsentrasi polimer meningkat dan membentuk pori-pori antar molekul menjadi lebih kecil dan mendekat. Lapisan pori yang lebih kecil ini disebut dengan lapisan selektif yang berfungsi sebagai pemisah (Wibisono *et al.*, 2018). Setelah itu dilakukn perendaman kembali pada akuades dengan suhu 40 c selama 1 menit untuk mengurangi pengkerutan saat pengeringan. Kemudian membran dikeringkan menggunakan gas nitrogen kurang lebih 24 jam. Pengeringan dengan gas nitrogen bertujuan agar laju penguapan air yang ada pada membran konstan sehingga pengeringan pada permukaan membran lebih merata dan setiap sisi membran tidak terlalu melengkung saat membran kering (Setyananda, 2018).

#### **4.2 Pengujian Ketebalan Membran**

Pengujian ketebalan membran dilakukan menggunakan mikrometer sekrup dengan ketelitian sebesar 0,01 mm. Pengukuran dilakukan di lima titik, yaitu tepi atas, bawah, kanan, kiri, dan tengah. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak penyusutan yang terjadi pada membran setelah pengeringan dengan pencetakan awal menggunakan pisau casting sebesar 0,3 mm. Menurut Julian (2012), Faktor yang berpengaruh terhadap ketebalan antara lain adalah komposisi larutan polimer dan waktu evaporasi.



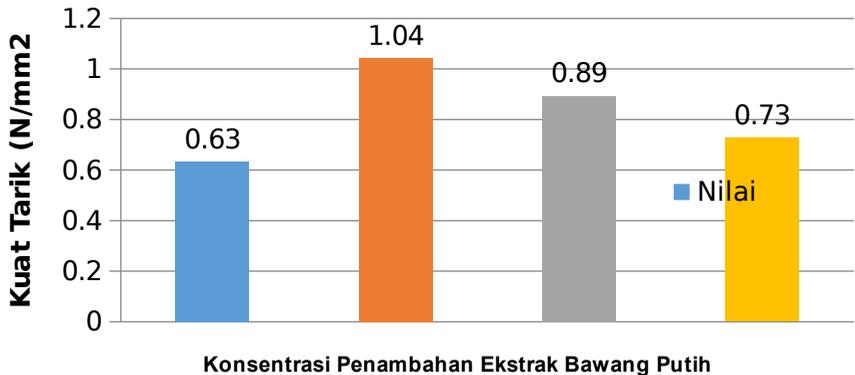
**Gambar 4.2** Grafik Rata-Rata Hasil Uji Ketebalan Membran

Hasil pengujian ketebalan membran didapatkan hasil yaitu untuk ketebalan membran kontrol memiliki rerata ketebalan sebesar 0,115 mm. Pada penambahan ekstrak bawang putih sebanyak 0,5% didapatkan nilai rerata sebesar 0,119 mm. Penambahan ekstrak bawang putih sebanyak 0,75% didapatkan nilai rerata ketebalan sebesar 0,138 mm, dan pada penambahan ekstrak bawang putih sebanyak 1% didapatkan nilai rerata yang sama dengan variasi ekstrak 0,03 gram yaitu sebesar 0,138 mm.

Hasil dari rata-rata pengukuran ketebalan tersebut memiliki nilai yang cukup seragam. Nilai terendah didapatkan pada membran kontrol yaitu tanpa penambahan ekstrak bawang putih. Sedangkan nilai ketebalan meningkat seiring dengan bertambahnya variasi ekstrak bawang putih yaitu terjadi pada variasi 0,5% dan 0,75%. Namun tidak terjadi peningkatan nilai ketebalan pada penambahan ekstrak bawang putih pada variasi 1%. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan pada proses pencetakan yang kurang merata dan larutan yang kurang homogen. Hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan filler pada suatu membran akan membuat ketebalan pada membran meningkat.

### 4.3 Pengujian Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik membran ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan membran untuk menahan gaya yang diberikan sehingga memiliki kecenderungan tidak mudah patah. Semakin sulit suatu membran ditarik maka semakin baik bahan tersebut digunakan dalam aplikasi teknologi membran. Nilai kuat tarik membran pada penelitian terlihat pada **Gambar 4.3** antara 0,634 N/mm<sup>2</sup> hingga 1,043 N/mm<sup>2</sup>.



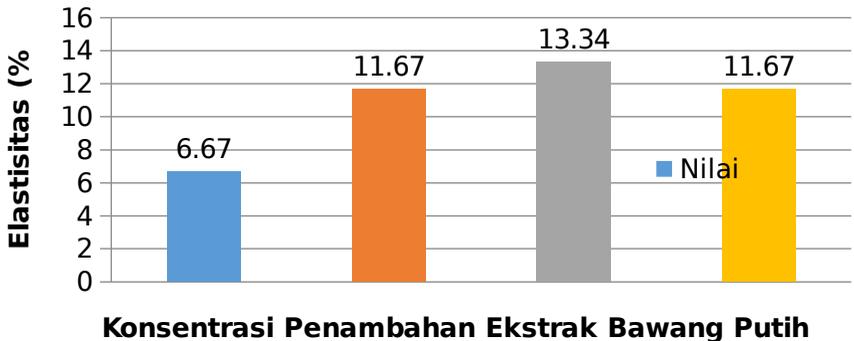
**Gambar 4.3** Grafik Rata-Rata Hasil Uji Kuat Tarik Membran

Hasil dari pengujian kuat tarik didapatkan nilai membran kontrol sebesar 0,634 N/mm<sup>2</sup>. Pada penambahan ekstrak bawang putih sebesar 0,5% didapatkan nilai sebesar 1,043 N/mm<sup>2</sup>. Penambahan ekstrak bawang putih sebesar 0,75% didapatkan nilai sebesar 0,894 N/mm<sup>2</sup> dan penambahan ekstrak bawang putih sebesar 1% didapatkan nilai sebesar 0,727 N/mm<sup>2</sup>. Terjadi peningkatan grafik antara membran kontrol dengan membran ekstrak bawang putih 0,5% namun terjadi penurunan pada membran dengan ekstrak 0,75% dan 1%. Hal tersebut dapat disebabkan karena membran yang digunakan saat proses uji kuat tarik memiliki ketebalan yang tidak rata akibat proses casting dan tidak homogenisasinya larutan. Sehingga berdampak juga pada ketebalan yang dimiliki

membran dan memiliki struktur makrovoid yang lebih besar. Menurut Adnan *et al.*, (2015), makrovoid dapat menyebabkan ikatan yang terdapat pada membran dengan ekstrak menjadi lebih renggang sehingga penambahan konsentrasi dapat menurunkan kestabilan mekanik pada membran.

#### 4.4 Pengujian Elongasi pada Membran

Elongasi merupakan perubahan panjang maksimum film sebelum terputus. Pengujian elongasi dilakukan dengan membandingkan penambahan panjang yang terjadi dengan panjang bahan sebelum dilakukan uji tarik (Arini *et al.*, 2017). Nilai pengujian elongasi membran pada penelitian terlihat pada **Gambar 4.3** antara 6,67 % hingga 13,335 %.



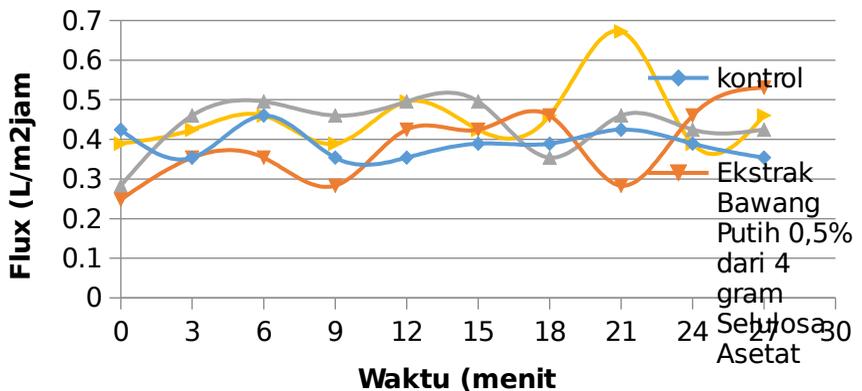
**Gambar 4.4** Grafik Rata-rata Hasil Pengujian Elongasi

Hasil pengujian elongasi didapatkan hasil nilai untuk membran kontrol adalah sebesar 6,67 %. Pada penambahan ekstrak 0,5% didapatkan hasil sebesar 11,665 %. Penambahan ekstrak bawang putih sebesar 0,75% didapatkan nilai sebesar 13,335 % dan penambahan ekstrak bawang putih sebesar 1% didapatkan nilai sebesar 11,665%. Terjadi peningkatan pada membran dengan konsentrasi ekstrak 0,5% dan 0,75%. Menurut Rahman *et all* (2015, peningkatan nilai elongasi dapat dikarenakan adiktif yang ditambahkan memiliki interaksi yang cukup dengan polimer, sehingga mampu berdifusi dalam rantai polimer yang berpengaruh terhadap nilai regangan. Sedangkan pada membran 0,04 gram mengalami penurunan nilai elongasi.

Menurut Chou *et al.*, (2009, penambahan konsentrasi aditif yang semakin tinggi dapat menurunkan nilai mekanik akibat terjadinya agregasi aditif. Penurunan nilai elongasi juga dapat disebabkan aditif yang tidak terdistribusi secara merata pada permukaan matriks membran.

#### 4.5 Uji Flux pada Membran

Flux merupakan jumlah volume permeat yang melewati satu satuan luas membran dalam waktu tertentu dengan adanya gaya dorong dalam hal ini berupa tekanan (Mallevalle et al., 1996). Membran berpendukung ekstrak bawang putih diuji menggunakan alat flux menggunakan akuades dengan tekanan sebesar 0,5 bar selama 27 menit dan diamati perhitungan permeat setiap 3 menit, sehingga didapatkan 10 nilai flux untuk satu pengujian. Pengujian flux ini dapat digunakan untuk menentukan kinerja membran, memperkirakan ukuran pori dan mengetahui tingkat permeabilitas pada membran.



**Gambar 4.5** Rerata Nilai Flux terhadap Waktu pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Bawang Putih

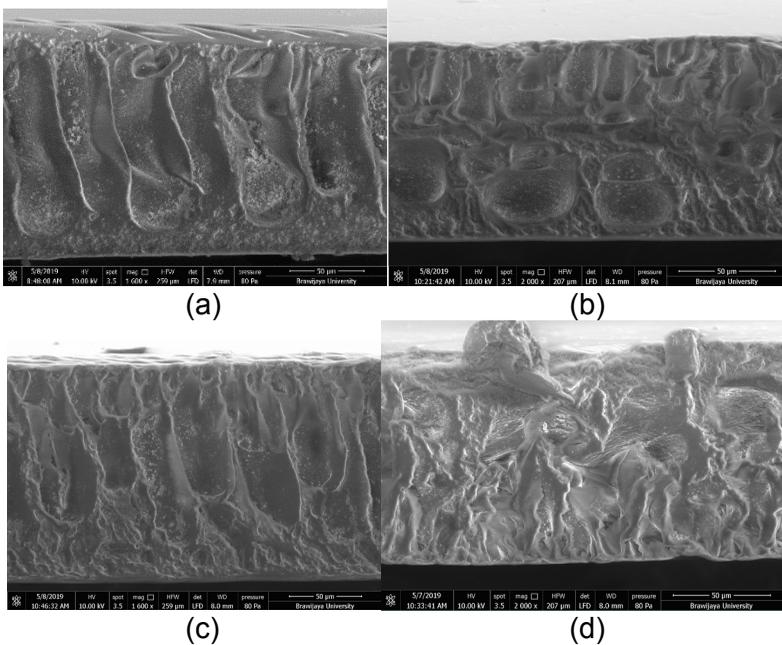
Berdasarkan pengujian nilai flux didapatkan hasil yaitu terjadinya fluktuasi pada setiap variasi membran, baik untuk membran kontrol dan membran dengan berpendukung ekstrak bawang putih. Pada menit awal membran dengan ketiga variasi ekstrak memiliki nilai yang tidak berbeda jauh. Mengalami

peningkatan nilai hingga kemudian menurun pada menit ke 9 dan menit selanjutnya mengalami fluktuasi. Namun kenaikan dan penurunan tersebut tidak terlalu signifikan hingga di menit ke 27. Sedangkan pada membran dengan variasi ekstrak 0,04 gram mengalami peningkatan yang signifikan di menit ke 21 dan selanjutnya mengalami penurunan yang juga signifikan pada menit ke 24. Terjadinya penurunan nilai tersebut dapat disebabkan karena tekanan yang digunakan kecil sehingga menyebabkan air susah terdorong melewati pori membran dan dikarenakan pori pada permukaan membran yang rapat dan padat, sehingga menyebabkan air susah melewati. Pada membran kontrol memiliki rerata nilai fluks sebesar 0,39 L/m<sup>2</sup>jam. Kemudian nilai fluks mengalami penurunan pada variasi ekstrak 0,02 gram yaitu reratanya sebesar 0,38 L/m<sup>2</sup>jam. Penurunan tersebut disebabkan karena air yang sulit menembus pori dan dimungkinkan pori pada permukaan yaitu padat dan rapat, sehingga dapat menghambat kemampuannya dalam melewatkan permeat. Selain itu, menurut Setyanda (2018), terjadinya penurunan dan kenaikan nilai permeabilitas pada membran juga dipengaruhi oleh tekanan. Tekanan yang diberikan menyebabkan desakan terhadap molekul air sehingga volume air mampu melewati membran. Sedangkan pada variasi membran 0,03 dan 0,04 gram mengalami kenaikan nilai fluks. Tingginya nilai fluks dapat disebabkan oleh pori-pori pada permukaan yang membesar pada saat proses perendaman membran pada akuades sebelum dilakukan pengujian aliran fluks. Faktor yang dapat mempengaruhi permeabilitas pada membran yaitu parameter operasional seperti konsentrasi umpan, suhu, laju alir, dan tekanan, sifat-sifat fisik larutan umpan, dan faktor desain (Wenten, 1999).

#### **4.5 Pengujian Penampang Melintang Membran**

Struktur permukaan membran, penampang melintang dan struktur makrovaid dapat dilihat dari hasil analisis dengan alat SEM. Berdasarkan struktur, membran dapat dibedakan menjadi membran simetris dan asimetris. Membran simetris mempunyai ukuran dan kerapatan pori yang sama di semua bagian sedangkan membran asimetris terdiri dari lapisan tipis

pada bagian atas yang merupakan lapisan aktif tempat pemisahan terjadi serta lapisan bawah yang berpori dan bertindak sebagai penyangga. Lapisan ini tidak mempengaruhi karakteristik pemisahan dan laju filtrasi (Mulyati *et al.*, 2017).



**Gambar 4.4** Penampang Melintang Membran (a) Kontrol, (b) Ekstrak 0,02 gram, (c) Ekstrak 0,03 gram, dan (d) Ekstrak 0,04 gram

Seperti yang terlihat pada gambar 4.4 bahwa membran yang terbentuk ialah membran asimetris karena struktur pori bagian atas lebih rapat dibandingkan struktur bagian bawah. Pada membran kontrol memiliki ukuran makrovoid yang besar dan cenderung sama dan merata. Hal tersebut menyebabkan kekuatannya sedikit lebih rendah.

Pada membran dengan variasi ekstrak 0,02 gram menunjukkan terbentuknya pori-pori yang besar yaitu makrovoid yang strukturnya tidak beraturan dan cenderung padat jika dibandingkan dengan membran kontrol. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan terjadinya interaksi antara selulosa asetat

dan ekstrak sehingga menimbulkan rongga antara kedua bahan tersebut dan menyebabkan struktur membran cenderung padat. Membran yang ditambahkan zat aditif memiliki pori-pori pada membran mixed matrix lebih kecil, karena ditutupi oleh zat aditif. Adanya pori-pori yang besar dan tersebar di beberapa tempat, kemungkinan disebabkan adanya udara yang terperangkap pada pencampuran larutan cetak, sehingga saat proses inversi fasa diisi oleh air sebagai non pelarut dan meninggalkan lubang pori makrovoid (Wibisono *et al.*, 2018).

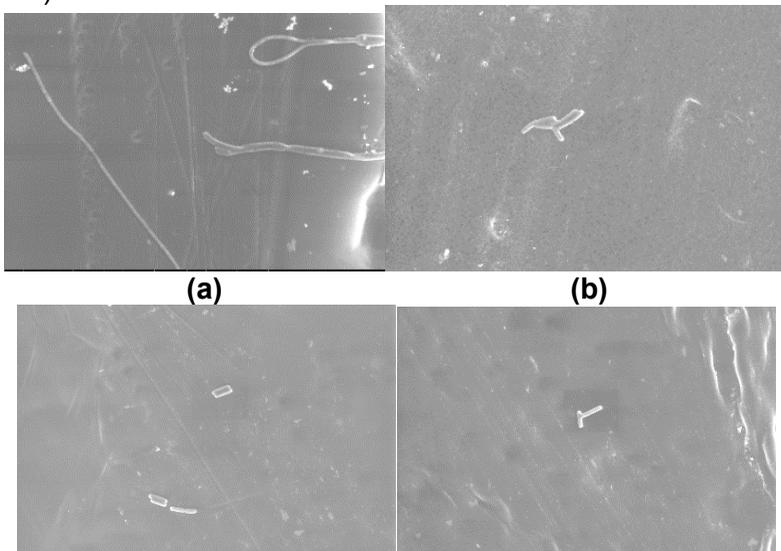
Pada hasil SEM membran dengan ekstrak 0,03 gram menunjukkan terbentuknya makrovoid yang cenderung lebih beraturan dan lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil dari variasi ekstrak 0,02 gram. Memiliki lapisan aktif dan lapisan pendukung yang lebih rapat jika dibandingkan dengan kontrol. Proses pembentukan permukaan atas pori-pori dipengaruhi oleh sifat termodinamika dari larutan cetak dan kinetika pada saat pembentukan membran. Saat proses pembentukan, membran dibiarkan mengalami penguapan sehingga membentuk lapisan atas yang aktif dan dapat dianggap stabil dimana pelarut dan non pelarut berdifusi di dalam bak koagulasi. Laju difusi antara pelarut dan non pelarut di dalam bak koagulasi sangat mempengaruhi proses pembentukan sublayer. Apabila terjadi proses demixing secara spontan (instantaneous demixing) maka difusi pelarut ke bak koagulasi akan lambat, begitu juga terhadap difusi non pelarut ke dalam membran. Hal ini akan mengakibatkan bentuk dan ukuran pori yang lebih besar dibandingkan proses demixing yang terjadi secara lambat (delayed demixing) (Mulyati *et al.*, 2017).

Sedangkan pada hasil SEM membran dengan variasi ekstrak 0,04 terlihat tidak ditemukannya makrovoid. Namun nampak pori-pori kecil yaitu mikrovoid dan bentuk strukturnya tidak beraturan. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan pada saat proses pencampuran larutan antara ekstrak dengan polimer dan pelarut. Dapat juga dipengaruhi saat proses pembuatan yaitu waktu penguapan pelarut saat setelah pencetakan.

#### 4.7 Pengujian Antibakteri Pada Membran Selulosa Asetat dengan Ekstrak Bawang Putih

Pengujian aktivitas antibakteri pada membran selulosa asetat dengan ekstrak bawang putih bertujuan untuk melihat penempelan bakteri pada membran dan mengetahui seberapa efektif kemampuan ekstrak bawang putih dalam menghambat penempelan bakteri pada membran yang dapat mengakibatkan fouling. Bawang putih sendiri merupakan agen antibakteri terhadap bakteri gram positif dan gram negatif (Lekshmi *et al.*,2015).

Bakteri yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *Escherichia coli*. *Escherichia coli* adalah salah satu jenis spesies utama bakteri gram negatif. Merupakan bakteri berbentuk batang dengan panjang sekitar 2 micrometer dan diameter 0.5 micrometer. Volume sel *E. coli* berkisar 0.6-0.7 m<sup>3</sup> . Bakteri ini dapat hidup pada rentang suhu 20-40 0 C dengan suhu optimumnya pada 370 C. *E. coli* tidak dapat dibunuh dengan pendinginan maupun pembekuan, Bakteri ini hanya bisa dibunuh oleh antibiotik, sinau Ultraviolet (UV), atau suhu tinggi >1000 C. Suhu tinggi akan merusak protein dalam sel dan membuatnya tidak dapat hidup kembali (Sutiknowati, 2016).

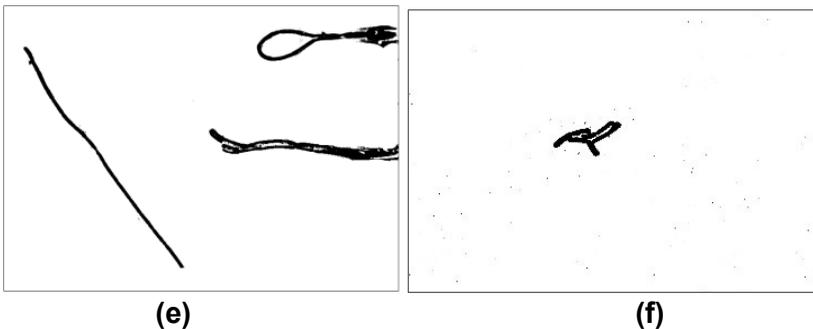


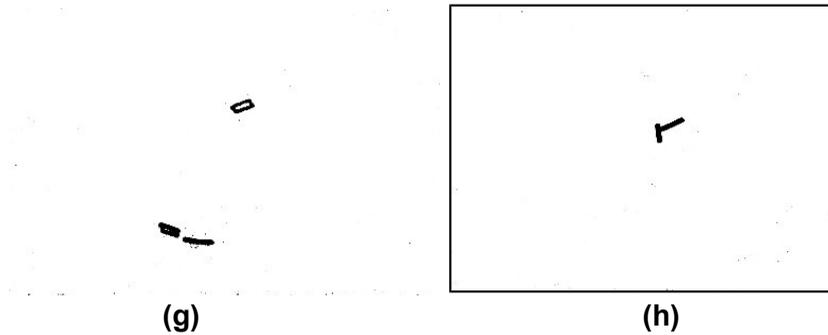
(c)

(d)

**Gambar 4.7** Pengamatan Penempelan Bakteri pada Membran Menggunakan SEM; (a) Kontrol (b) Ekstrak 0,02 gram (c) Ekstrak 0,03 gram (d) Ekstrak 0,04 gram

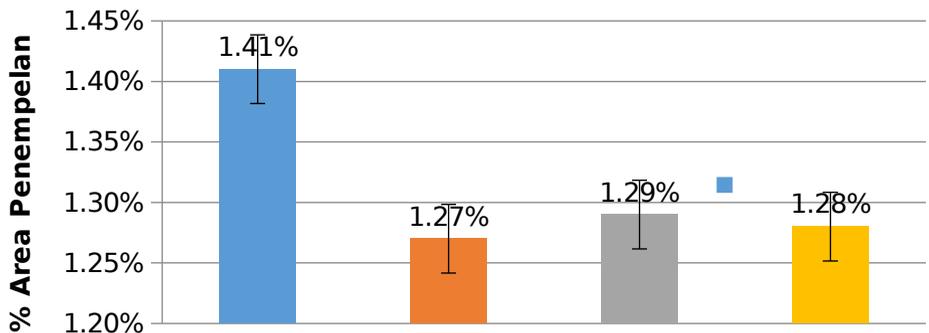
Tahapan pertama dari pengujian antibakteri yaitu pembuatan larutan induk bakteri dengan menggunakan *Nutrien Broth* (NB) yang dilarutkan pada akuades dan diberikan 1 ose bakteri dan diaduk perlahan. Setelah itu di inkubasi selama 24 jam agar bakteri tumbuh pada media tersebut. Kemudian dibuat larutan induk dari bakteri yang digunakan dilakukan pengenceran dengan menggunakan pepton. Hasil pengenceran tersebut dituangkan ke dalam gelas beker yang telah berisi sample membran. Larutan bakteri yang berisi sample membran diinkubasi selama 8 jam. Setelah selesai inkubasi selama 8 jam kemudian diawetkan dengan dicelupkan pada formalin dan dikering anginkan. Lalu diletakkan pada gelas preparat untuk dilakukan analisis dengan menggunakan SEM dengan perbesaran 5000x dan Image J. Hasil SEM uji antibakteri ditunjukkan pada **Gambar 4.7**. Pada membran kontrol menempel lebih banyak bakteri jika dibandingkan dengan membran dengan variasi ekstrak.



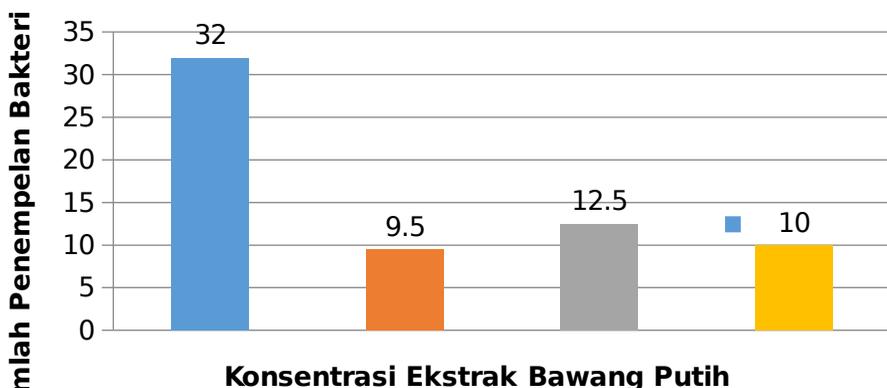


**Gambar 4.8** Analisa menggunakan Image J (e) Kontrol (f) Ekstrak 0,02 gram (g) Ekstrak 0,03 (h) Ekstrak 0,04 gram

Hasil kenampakan bakteri dengan SEM selanjutnya dianalisis menggunakan software image J. Teknik analisa partikel menggunakan software Image J cukup akurat untuk diterapkan pada hasil SEM. Analisa menggunakan software Image J bertujuan untuk melihat prosentase luas area penempelan bakteri pada membran (Kurniawan *et al.*, 2011).



**Gambar 4.8** Grafik %area Penempelan Bakteri Pada Membran



**Gambar 4.9** Grafik Jumlah Penempelan Bakteri pada Membran

Dari hasil pengujian antibakteri pada **Gambar 4.8** didapatkan membran kontrol memiliki nilai % area penempelan tertinggi yaitu sebanyak 1,41 %. Pada membran dengan variasi ekstrak sebesar 0,5% memiliki presentase area penempelan terendah yaitu sebanyak 1,27%. Kemudian mengalami kenaikan presentase pada membran dengan variasi ekstrak 0,75% yaitu sebesar 1,29%. Selanjutnya mengalami penurunan nilai % area penempelan pada membran dengan variasi ekstrak 1% yaitu sebesar 1,28%. Sedangkan pada **Gambar 4.9** dapat dilihat hasil rata-rata jumlah penempelan bakteri pada membran mengalami fluktuasi. Jumlah penempelan bakteri tertinggi ada pada membran kontrol yaitu sebanyak 32 bakteri, sedangkan penempelan terendah ada pada membran dengan konsentrasi ekstrak 0,5%. Fluktuasi yang terjadi tersebut memiliki perbedaan nilai yang tidak terlalu jauh. Adanya nilai fluktuasi ini disebabkan karena titik pengambilan gambar yang memiliki lebih sedikit atau lebih banyak bakteri dibandingkan lokasi lainnya yang tidak diambil gambar SEM nya. Hal tersebut dapat membuktikan bahwa kandungan fenol pada bawang putih cukup bekerja dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Menurut Salima (2015), kandungan bawang putih yang diyakini memiliki aktivitas antibakteri adalah flavanoid yang merupakan turunan senyawa fenol. Flavanoid bekerja dengan cara mendenaturasi protein

yang dimiliki bakteri. Menurut Prasetya dan Henrawan (2013) cara kerja fenol dalam mengatasi antibakteri yaitu dengan menghancurkan sel dan pengendapan protein pada sel mikroorganisme sehingga terjadi koagulan dan kegagalan fungsi mikroorganisme.