
UJI DAYA ANTIMIKROBA DAN SIFAT FISIKO-KIMIA PEMBALUT LUKA HIDROGEL STERIL RADIASI YANG MENGANDUNG EKSTRAK BUAH MENGGKUDU (*Morinda citrifolia L.*)

Darmawan Darwis, Taty Erlinda B., Lely Hardiningsih dan Rahayu Chosdu
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi - Batan

ABSTRAK

UJI DAYA ANTIMIKROBA DAN SIFAT FISIKO-KIMIA PEMBALUT LUKA HIDROGEL STERIL RADIASI YANG MENGANDUNG EKSTRAK BUAH MENGGKUDU (*Morinda citrifolia L.*). Telah dilakukan studi terhadap daya antimikroba dan sifat fisiko-kimia pembalut luka hidrogel yang mengandung ekstrak buah mengkudu. Pembalut luka hidrogel dibuat dengan meradiasi campuran polivinil pirolidon (PVP), Agar, polietilen glikol (PEG) dan ekstrak mengkudu dengan komposisi tertentu menggunakan sinar gamma pada dosis 25 kGy. Konsentrasi ekstrak mengkudu yang digunakan adalah 0 sampai 4 % b/b. Sebagai mikroba uji digunakan *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* dan mikroba udara yang diisolasi dari ruang laboratorium P3TIR-BATAN. Parameter sifat fisiko-kimia yang diamati adalah kandungan air, daya penyerapan air, penetrasi mikroba pada hidrogel, penguapan air dan tegangan putus hidrogel. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hidrogel dengan konsentrasi ekstrak mengkudu minimum 2 % b/b mampu membunuh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*. Hasil uji daya tembus mikroba terhadap membran hidrogel menunjukkan bahwa tidak satupun mikroba uji mampu menembus membran hidrogel yang mengandung ekstrak mengkudu. Hal ini menunjukkan bahwa membran pembalut luka hidrogel mempunyai sifat penghalang yang baik terhadap kontaminasi mikroba. Kadar air hidrogel yang mengandung ekstrak mengkudu 0, 1, 2, dan 4 % b/b masing-masing adalah 87 %, 85 % dan 82 %. Hidrogel yang mengandung ekstrak mengkudu 4 % b/b menunjukkan daya absorpsi air tertinggi. Tegangan putus hidrogel bergantung pada konsentrasi ekstrak mengkudu yang terkandung pada hidrogel tersebut.

ABSTRACT

ANTIMICROBIAL ACTIVITY AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES TEST OF RADIATION STERILIZED HYDROGEL WOUND DRESSING CONTAINING MENGGKUDU EXTRACT (*Morinda citrifolia L.*). Study on antimicrobial activity and physico-chemical properties of hydrogel wound dressing containing mengkudu extract has been carried out. Hydrogel wound dressing was prepared by irradiating the mixture of polyvinyl pyrrolidone (PVP), agar, poly ethylene glycol (PEG) and mengkudu extract with certain composition using gamma ray at a dose of 25 kGy. The extract concentration used was 0 to 4 % w/w. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* and air microbes isolated from the laboratory at P3TIR-BATAN were used as tested microbe. Water content, water absorption, microbes penetration on hydrogel, water evaporation and tensile strength were determined as physico-chemical parameters. The results show that the minimum concentration of mengkudu extract to eradicate the *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* bacteria is 2 %. The results of microbe penetration test show that none of the microbes tested can penetrate the membrane of hydrogel containing mengkudu extract. This mean is the hydrogel membrane is a good barrier againsts microbe contamination. Water content of Hydrogel with extract concentration of 0, 1, 2 and 4 % w/w mengkudu extract is 87 %, 85 % and 82 % respectively. Hydrogel with 4%w/w mengkudu extract shows highest water absorption capacity. Tensile strength of hydrogel depends on concentration of mengkudu extract in the hydrogel.

I. PENDAHULUAN

Luka adalah hilang atau rusaknya sebagian jaringan tubuh. Keadaan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal seperti trauma benda tajam/tumpul, zat kimia, perubahan suhu, ledakan, sengatan listrik atau gigitan hewan (1). Luka yang tidak ditangani secara tepat dapat menyebabkan terjadinya infeksi akibat masuknya mikroba pada luka tersebut. Di negara beriklim tropis seperti Indonesia, terjadinya kasus infeksi pada luka akibat penanganan luka yang tidak tepat masih banyak dijumpai. Infeksi dapat menjadi salah satu bahaya terbesar yang mengancam jiwa pasien. Infeksi pada luka dapat memperberat kerusakan jaringan sehingga lukanya menjadi lebih lebar dan dalam dan pada akhirnya dapat membahayakan jiwa pasien. (2). Penggunaan pembalut pada luka yang baru dapat mencegah terjadinya infeksi oleh mikroba. Namun pada luka yang telah terinfeksi, penggunaan pembalut luka saja kurang memberikan hasil yang optimal. *Pseudomonas aeruginosa* dan *staphylococcus aureus* merupakan organisme penyebab yang paling sering dijumpai pada mayoritas kasus infeksi luka.

Pada luka yang telah terinfeksi oleh mikroorganisme diperlukan adanya pemberian zat antimikroba (antibiotika). Pemberian obat antibiotik biasanya dilakukan secara oral maupun topikal. Pemberian obat secara oral untuk kasus luka infeksi kurang memberikan hasil yang optimal karena tidak langsung digunakan pada sumber luka. Pemberian antimikroba secara topikal memberikan hasil yang lebih baik. Pemberian antimikroba secara topikal dapat dilakukan dalam bentuk salep/krim atau dengan pembawa yang lain. Penggunaan antimikroba yang telah diimpregnasi kedalam pembalut luka dapat memberikan hasil yang baik karena pada waktu pembalut luka digunakan zat antimikroba yang ada pada pembalut luka dapat dilepaskan secara perlahan-lahan ke tempat luka dan dapat membunuh mikroba yang ada pada luka tersebut.

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) mengandung berbagai bahan berkhasiat seperti antrakuinon, scopoletin, morindon, morindin, morindanigrin, monometil eter, damnacanthol, saranjidiol, xeronine, asam glutamat dan bahan lainya yang sangat bermanfaat untuk kesehatan(3,4,5). Dilaporkan bahwa daya antimikroba mengkudu disebabkan oleh adanya senyawa antrakuinon dan scopoletin(3). Telah dilaporkan pula bahwa antrakuinon dan skopoletin dapat membunuh bakteri patogen seperti *E. coli*, *Salmonella* dan *Staphylococcus aureus* (6,7).

Teknik pembuatan pembalut luka hidrogel polivinil pirolidon steril radiasi telah dikuasai dengan baik di Laboratorium Sterilisasi Bidang Proses Industri P3TIR-BATAN. Analisa terhadap sifat fisika, kimia, mekanik dan mikrobiologi dari pembalut luka hidrogel hasil radiasi sinar gamma telah dilakukan (7,8,9). Pencampuran ekstrak mengkudu dan bahan pembalut luka untuk memperoleh suatu formula hidrogel yang mengandung antimikroba perlu dikembangkan untuk pemakaian yang lebih luas, bagi luka terinfeksi.

Makalah ini akan membahas efek penambahan ekstrak buah mengkudu pada formula pembalut luka hidrogel hasil iradiasi sinar gamma terhadap daya antimikroba dan sifat fisika kimia.

II. BAHAN DAN TATA KERJA

II.1. Bahan

Bahan kimia yang digunakan pada penelitian ini adalah polivinil pirolidon (PVP) K 90 (Fluka Chemicals), Poli etilen glikol (PEG) 400, (Ph. Euro), Agar pharmaceutical grade (buatan Oxoid), dan air suling. Medium pertumbuhan mikroba yang digunakan adalah Nutrien Agar (NA) (Difco Lab.) dan Sabourout Dextrose Agar (SDA) (Oxoid). Sebagai mikroba uji digunakan *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* dan mikroba udara yang diisolasi dari ruang laboratorium P3TIR-BATAN

II.2. Tata kerja

1. Pembuatan pembalut luka hidrogel dan iradiasi pre gel

Komposisi formula hidrogel adalah PVP, Agar, PEG (8:2:1) dan ekstrak mengkudu dengan variasi konsentrasi 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; dan 4 % b/b dalam air suling hingga 100 % b/b.

- a. Ke dalam erlen meyer, masukkan sejumlah tertentu PVP, tambahkan air suling dan didiamkan pada suhu kamar selama 24 jam. Lalu larutkan secara sempurna dengan otoklav pada suhu 121°C selama 15 menit.
- b. Ke dalam erlen meyer yang lain, masukkan sejumlah tertentu agar dan larutkan dengan bantuan autoklav pada suhu 121°C selama 15 menit
- c. Ke dalam beker gelas, masukkan sejumlah tertentu PEG dan panaskan menggunakan oven pada suhu 80°C selama 30 menit.
- d. Ke dalam erlen meyer a. dimasukkan larutan b dan c, kemudian ditambahkan ekstrak mengkudu dengan konsentrasi tertentu, aduk hingga homogen dan kondisikan pada suhu 80°C (di dalam oven) untuk menghilangkan gelembung udara.
- e. Larutan panas tersebut dituangkan kedalam cetakan plastik polistiren yang telah dilapisi kasa steril, diamkan pada suhu kamar hingga membentuk konstituen padat (pre gel). Tutup permukaan hidrogel dengan film polietilen (PE), masukkan cetakan tersebut kedalam kantung plastik PE dan di tutup (di *seal*) menggunakan *sealing machine*.

-
- f. Iradiasi pre gel dengan sinar gamma pada dosis 25 kGy dengan kecepatan dosis 7 kGy/jam.
2. *Pembuatan Media SDA dan NA*
Suspensikan masing-masing 23 g serbuk SDA atau 65 g serbuk SDA kedalam 1 L air suling, lalu diaduk hingga merata dan panaskan dalam penangas air sambil diaduk pada suhu 90°C selama 1 menit hingga serbuk larut sempurna. Tuangkan larutan ke dalam tabung reaksi bertutup, lalu sterilkan dengan otoklaf pada 121°C selama 15 menit. Diamkan dengan cara meletakkan tabung dalam kondisi miring hingga membeku dan siap untuk digunakan.
3. *Isolasi mikroba udara*
Isolasi mikroba udara dilakukan dengan meletakkan petridis yang berisi media padat NA dimana tutup petridis telah dibuka pada ruangan di Laboratorium P3TIR-BATAN selama 60 menit. Media yang telah terkontaminasi tersebut di inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Ambil mikroba yang dominan untuk dibiakkan.
4. *Pengujian sampel hidrogel*
Setiap parameter yang diuji diulang sebanyak 3 kali.
- a. Uji daya antimikroba hidrogel.
Ke dalam petridis yang telah berisi mikroba uji (*Pseudomonas aeruginosa* atau *Staphylococcus aureus*) dengan konsentrasi 10^9 koloni per ml, dimasukkan membran hidrogel dengan ukuran diameter 5 cm, kemudian petridis ditutup. Inkubasikan petridis pada suhu 37°C selama 24 jam. Lakukan pengamatan berdasarkan adanya pertumbuhan mikroba tersebut. Sebagai kontrol lakukan hal yang sama tanpa menggunakan membran hidrogel.
- b. Uji penetrasi mikroba pada membran hidrogel.
Ke dalam petridis yang telah berisi media *Tryptose Soy Agar* (TSA), diletakkan membran hidrogel ukuran diameter 5 cm. Pada permukaan hidrogel diteteskan 0,05 ml suspensi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* atau *Staphylococcus aureus* dengan konsentrasi 10^9 koloni per ml kemudian diratakan. Selanjutnya hidrogel diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Pengamatan dilakukan dengan melihat apakah ada mikroba yang menembus membran hidrogel.
- c. Uji kemampuan penyerapan air hidrogel.

Hidrogel hasil iradiasi dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm² lalu ditimbang (Wa), selanjutnya hidrogel direndam dalam air suling pada suhu 37°C selama interval waktu tertentu. Keluarkan hidrogel dari air dan timbang kembali (wt). Lanjutkan perendaman hidrogel untuk interval waktu berikutnya, timbang kembali hidrogel. Ulangi percobaan diatas hingga diperoleh berat konstan.

d. Kinetika penguapan air

Penguapan air yang terkandung dalam hidrogel dilakukan dengan cara penimbangan. Hidrogel hasil iradiasi yang telah dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm² ditimbang (Wa). Hidrogel lalu diletakkan dalam oven pada suhu 37°C dengan interval waktu 1, 2, 3, 5, 8, 24 dan 48 jam. Setelah setiap interval waktu dicapai, hidrogel dikeluarkan dari oven dan ditimbang (Wti). Hidrogel lalu diletakkan kembali kedalam oven hingga interval waktu berikutnya. Penguapan air pada interval waktu t (WE_t) dihitung dengan rumus:

$$WE_t (\%) = (Wa) - (Wt_i) / Wa \times 100 \%$$

e. Uji kadar air hidrogel

Hidrogel hasil iradiasi yang telah dipotong dengan ukuran 2 x 2 cm² ditimbang (Wa). Masukkan hidrogel tersebut pada oven dengan suhu 90°C selama 24 jam. Lanjutkan pemanasan pada suhu 100°C selama 24 jam. Keluarkan hidrogel dari oven dan timbang (Wb). Lanjutkan pemanasan hingga diperoleh berat konstan (Wk).

Kadar air dihitung dengan rumus:

$$KA (\%) = (Wa - Wb) / Wa \times 100\%$$

f. Uji Tegangan putus hidrogel

Sifat mekanik yaitu tegangan putus dan perpanjangan putus diukur dengan menggunakan alat Instron Universal Testing Instrument Model 1122 (Toyoseiki, Japan) dengan kecepatan tarik 50 mm/menit pada suhu kamar.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan hidrogel yang mengandung ekstrak mengkudu dengan berbagai konsentrasi sebagai antimikroba ditunjukkan oleh Tabel 1. Dari Tabel terlihat bahwa hidrogel kontrol (tidak mengandung ekstrak mengkudu) menunjukkan adanya pertumbuhan ketiga macam mikroba uji (tidak bersifat bakterisid/bakteriostatik). Penurunan jumlah mikroba mulai terlihat pada

konsentrasi ekstrak 1 %. Pada konsentrasi ekstrak 2 %, *S. aureus*, *P. aeruginosa* dan bakteri udara dapat dihilangkan kecuali jamur udara. Sedangkan pada konsentrasi ekstrak 3 dan 4 % semua bakteri uji tidak ada yang tumbuh. BANGUN dan SARWONO .(3) mengatakan bahwa adanya kandungan zat aktif seperti antrakuinon, acubin dan alizarin dalam mengkudu dapat membunuh bakteri penyebab infeksi seperti *Bacillus subtilis*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* dan *E. coli* (3). Dari percobaan ini dapat dikatakan bahwa ekstrak mengkudu yang terkandung dalam hidrogel yang disintesis dan sekaligus disterilkan dengan teknik radiasi masih menunjukkan adanya kemampuan antimikroba. Konsentrasi minimum ekstrak mengkudu yang diperlukan sebagai bakterisid dalam formula hidrogel terhadap *P. aeruginosa*, *S. aureus* adalah 2 %.

Tabel 1. Daya antimikroba hidrogel dengan variasi kandungan ekstrak mengkudu terhadap beberapa mikroba uji.

Kons. Ekstrak mengkudu (%)	Mikroba		
	<i>S. aureus</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Mikroba udara
0	+++	+++	+++
1	+	+	++
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-

Keterangan:

- +++ = Jumlah pertumbuhan mikroba $> 10^2$
- ++ = Jumlah pertumbuhan mikroba antara 10^1 sampai 10^2
- + = Jumlah pertumbuhan mikroba < 10
- = Tidak ada pertumbuhan mikroba

Mikroba udara diisolasi dari udara yang ada pada lab. sterilisasi P3TIR-BATAN.

Suatu pembalut luka harus berfungsi sebagai penghalang masuknya mikroba dari udara. Tabel 2, menyajikan hasil uji penetrasi mikroba terhadap membran hidrogel. Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa hingga pengamatan hari ke 7 tidak ada satupun mikroba yang dapat menembus membran hidrogel. Hal ini menunjukkan bahwa hidrogel berfungsi sebagai penghalang terhadap adanya invasi mikroba ke tempat luka. Selain itu dari hasil isolasi mikroba yang telah ditetaskan pada membran hidrogel tersebut dan di inkubasi pada media pertumbuhan, tidak satupun mikroba yang tumbuh. Jelas terlihat bahwa selain berfungsi sebagai penghalang terhadap masuknya mikroba, hidrogel yang mengandung ekstrak mengkudu sekaligus dapat membunuh mikroba yang akan mengkontaminasi.

Tabel 2. Uji penetrasi mikroba pada membran hidrogel

Kons. Ekstrak mengkudu	Pengamatan hari ke													
	<i>S. aureus</i>							<i>P. Aeruginosa</i>						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan:

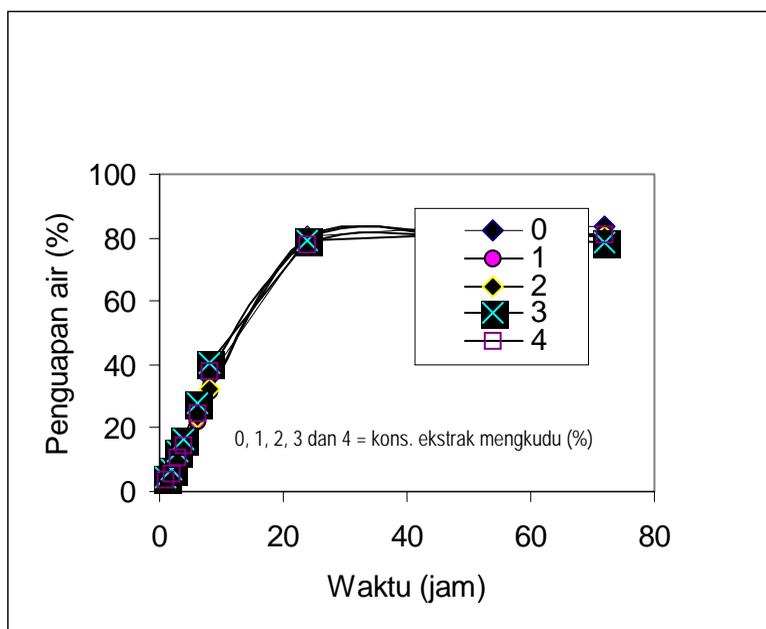
- = tidak ada mikroba yang menembus membran hidrogel.

Selain sifat antimikroba, dilakukan pula pengamatan terhadap beberapa sifat fisiko-kimia hidrogel. Kadar air hidrogel ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar air hidrogel berkurang dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak mengkudu. Kadar air hidrogel dengan konsentrasi ekstrak 0, 1, 2, 3, dan 4 % berturut-turut adalah 87,17%; 85,25%; 84,71%; 82,99 dan 82,16%. Hingga konsentrasi ekstrak 4 % hidrogel masih menunjukkan kandungan air yang tinggi. Kecepatan penguapan air hidrogel diperlihatkan pada Gambar 1. Dari semua konsentrasi ekstrak yang digunakan menunjukkan pola penguapan air yang sama. Pada awal waktu penguapan terjadi kecepatan yang relatif tinggi hingga waktu 24 jam dan setelah itu penguapan air terjadi sangat lambat. Kecepatan penguapan air yang relatif tinggi di awal waktu mungkin disebabkan oleh terjadinya penguapan air yang terdapat pada permukaan hidrogel dan penguapan terjadi pada air bebas. Setelah 16 jam proses yang terjadi adalah penguapan air yang ada dibagian dalam membran hidrogel. Setelah 24 jam tidak terjadi penguapan air yang berarti. Hal ini menunjukkan bahwa adanya air terikat sukar untuk diuapkan pada suhu 37°C. Kemampuan penyerapan air hidrogel ditunjukkan pada Tabel 4. Dari Tabel 4 terlihat bahwa kemampuan penyerapan air paling besar terdapat pada konsentrasi ekstrak 4%. Kemampuan penyerapan air maksimum hidrogel dengan konsentrasi ekstrak 0, 1, 2, 3, dan 4 % berturut-turut adalah 68,04%; 93,61%; 126,71%; 121,00% dan 167,6%. Dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak mengkudu, penyerapan air semakin bertambah. Hal ini mungkin disebabkan karena dengan bertambahnya konsentrasi ekstrak, fraksi gel yang terbentuk semakin berkurang. Adanya kemampuan penyerapan air yang tinggi dari hidrogel sangat diharapkan sebagai pembalut luka karena pada luka yang mengandung eksudat diperlukan adanya pembalut yang dapat menyerap eksudat luka sehingga

dapat mengurangi kemungkinan terjadinya infeksi pada luka. Suatu pembalut luka juga harus bersifat kuat namun tetap elastis. Untuk mengetahui kekuatan mekanik suatu pembalut maka dilakukan pengujian tegangan putus, sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 2. Tegangan putus hidrogel berkisar antara 2,5 hingga 3,5 kg/cm². Hasil ini menunjukkan bahwa hidrogel mempunyai kekuatan mekanik yang cukup dan bersifat fleksibel sehingga apabila digunakan pada bagian persendian tubuh tidak mengalami putus pada saat tubuh melakukan aktivitas.

Tabel 3. Kadar air hidrogel pada beberapa konsentrasi ekstrak mengkudu

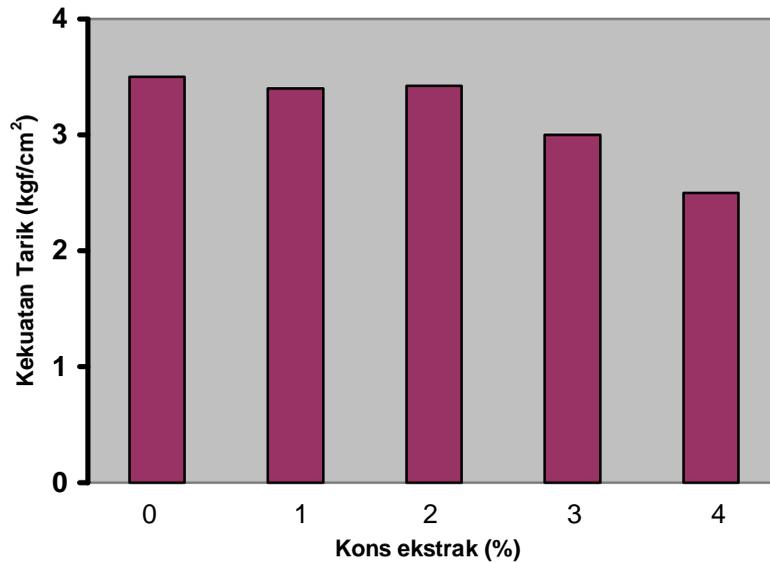
Konsentrasi ekstrak mengkudu (%)b/b	Kadar Air (%)
0	87,17 ± 0,97
1	85,25 ± 0,06
2	84,71 ± 0,73
3	82,99 ± 0,36
4	82,16 ± 0,58



Gambar 1. Penguapan air hidrogel sebagai fungsi waktu

Tabel 4. Penyerapan air hidrogel pada berbagai konsentrasi ekstrak mengkudu

Kons. Ekstrak (%)	% penyerapan air hidrogel pada waktu (t) jam										
	1	2	3	4	6	8	24	48	72	96	192
0	25.20	34.50	40.73	46.67	54.69	58.01	63.86	66.23	66.70	68.04	67.90
1	28.00	40.22	52.67	61.60	71.40	77.33	86.57	87.83	90.18	93.6	92.98
2	29.68	42.49	53.23	63.56	78.39	88.37	115.21	120.32	122.12	126.70	121.17
3	29.50	43.52	55.72	69.80	80.90	92.00	117.01	120.80	120.91	120.89	120.00
4	36.63	56.17	74.18	89.36	111.28	126.27	162.88	167.60	167.58	168.00	167.79



Gambar 2. Kekuatan tarik hidrogel dengan berbagai konsentrasi ekstrak mengkudu.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Hidrogel PVP yang mengandung ekstrak mengkudu dengan konsentrasi minimum 2 % efektif untuk membunuh *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* dan bakteri udara.
2. Hidrogel PVP yang mengandung ekstrak mengkudu sangat potensial sebagai pembalut luka infeksi karena dapat membunuh mikroba yang menginfeksi luka, berfungsi sebagai penghalang terhadap masuknya mikroba dari luar tubuh, dapat mengabsorpsi eksudat luka, mempunyai kekuatan mekanik yang cukup dan elastis.

DAFTAR PUSTAKA

1. PROJO, S.P., Kumpulan Kuliah Ilmu Bedah, Ed. 1, Bagian Ilmu Bedah FKUI/RSCM, Jakarta, 1993, hal. 87-92.
2. THOMAS F. NEALON, WILLIAM H. NEALON, Keterampilan Pokok Ilmu Bedah, Edisi IV, Penerbit Buku Kedokteran, 1995, hal.201).
3. BANGUN, A.P., SARWONO, B., Khasiat dan Manfaat Mengkudu, Agro Media Pustaka, (2002),
4. Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Lamongan, Pedoman Teknis Budidaya Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*), 2002, hal.5.
5. ENDJO DJAUHARIYA dan TIRTOBOMA, Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*), Tanaman Obat Tradisional Multi Khasiat, Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri, Vol. 7, No.1-2, 2001.
6. MARIA G.W., dan LISTYANI W., Sehat dengan Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*), edisi kedua, MSF Group, Jakarta, 2001.
7. PT. Trias Sukses Dinamika, Javanony, leaflet PT. Trias Sukses Dinamika.
8. DARMAWAN D., RAHAYU C., dan NAZLY H., *Studi sifat kompatibilitas darah dan sifat kimia pembalut luka hidrogel polivinil pirolidon (PVP)*, Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan radiasi, Jakarta, 9-10 Jan 1996
9. DARMAWAN D., LELY H., ERIZAL, dan RAHAYU C., *Daya absorpsi hidrogel polivinilpirolidon (PVP) hasil iradiasi sinar gamma terhadap air dan pelarut organik*, Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta, 13-15 Desember 1998
10. DARMAWAN D., TATY ERLINDA BASJIR, LELY HARDININGSIH, RAHAYU C., dan NAZLY H., *Studi praklinis pembalut luka steril hidrogel komposit polivinil pirolidone steril*, Prosiding Seminar Nasional Himpunan Kimia Indonesia, Serpong, 8 September 1999, hal 324.