

PERAN TEMPE KEDELAI HITAM TERHADAP INDEKS STIMULASI PROLIFERASI SEL T, KADAR IL-2 DAN KADAR GLUTAMIN PADA TIKUS SECARA *IN VIVO*

Role of Black Soybean Tempe againts Stimulation Index of T Cell Proliferation, Levels of IL-2 and Levels of Glutamine on Rats, in vivo

Nurrahman¹ dan Nurhidajah¹

¹Staf Program Studi Teknologi Pangan, Jl. Kedung Mundu Raya no.18 Semarang
Universitas Muhammadiyah Semarang
nurrahmanmail@yahoo.com

ABSTRACT

Consumption of black soybean tempe effected on macrophage activity and increased levels of IL - 1 . Increased activity of macrophages positively correlated to the amount of IL- 1 . The purpose of this study was to determine the role of black soybean tempe against T cell proliferation stimulation index , levels of IL - 2 and glutamine levels on rats, in vivo. A number of 30 rats were grouped into 5 (five), 6 rats for each group. Rats are placed in individual cages and room temperature (25 - 27oC) . Maintained for 30 days each group was treated by administering a standard diet and diet plus flour of soybean black tempe (25 , 50 , 75 and 100 % instead of casein) . The research results showed that consumption of black soybean tempe effected on T-cell proliferation stimulation index, levels of IL – 2, and levels of glutamine. Increased T cell proliferation stimulation index is positively correlated to the amount of IL- 2 .

Keywords: *black soybean tempe, T cell, interleukin 2, glutamine*

ABSTRAK

Konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap aktivitas makrofag dan kadar IL-1. Peningkatan aktivitas makrofag berkorelasi positif terhadap jumlah IL-1. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui peran tempe kedelai hitam terhadap indeks stimulasi proliferasi sel T, kadar IL-2 dan kadar glutamin pada tikus secara *in vivo*. Sebanyak 30 ekor tikus dikelompokkan menjadi 5 (lima), masing-masing kelompok sebanyak 6 ekor tikus. Tikus ditempatkan di dalam kandang individu dan suhu kamar (25 – 27°C). Selama 30 hari dipelihara masing-masing kelompok diperlakukan dengan pemberian diit standar dan diit ditambah tepung tempe kedelai hitam (25, 50, 75 dan 100% sebagai ganti kasein). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap indeks stimulasi proliferasi sel T, kadar IL-2 dan kadar glutamin. Peningkatan indeks stimulasi proliferasi sel T berkorelasi positif terhadap jumlah IL-2.

Kata kunci: tempe kedelai hitam, sel T, interleukin 2, glutamin

PENDAHULUAN

Tempe merupakan salah satu makanan tradisional Indonesia yang sudah dikenal secara global. Tempe terbuat dari kedelai yang mengalami fermentasi oleh jamur *Rhizopus* spp seperti *R. oligosporus*, *R. stolonifer* dan *R. oryzae* dengan ciri khas produk warna putih, tekstur kompak dan flavor khas campuran aroma jamur dan kedelai.

Proses fermentasi menyebabkan tempe memiliki beberapa keunggulan dibandingkan

kedelai, yang dapat dilihat dari komposisi zat gizi secara umum, daya cerna protein dan kandungan asam amino esensial yang lebih tinggi, zat anti gizi yaitu antitripsin dan asam fitat yang jauh lebih rendah dibandingkan kedelai. Hermans *et al.*, (1996) melaporkan bahwa balita penderita gizi buruk dan diare kronik diberi makanan formula tempe mengalami perbaikan gizi, kenaikan berat badan dan penyembuhan diare dalam waktu relatif singkat. Hal ini ada kemungkinan berkaitan dengan pemulihan sistem imun

tubuh baik secara sistemik maupun di saluran pencernaan.

Tempe mengandung komponen antioksidan seperti isoflavon, vitamin E dan β -karoten. Senyawa antioksidan (isoflavon) pada tempe mungkin juga berkontribusi pada ekspresi gen (Rimbach *et al.*, 2008). Aktivitas enzim antioksidan seperti superoksida dismutase, katalase dan glutathion peroksidase secara signifikan meningkat oleh genistein (Rimbach *et al.*, 2008). Sierens *et al.* (2001) menyatakan hipotesa bahwa fitoestrogen dalam keadaan tertentu berfungsi sebagai antioksidan dan melindungi DNA dari kerusakan oksidatif. Mereka mendapatkan, limfosit manusia yang diinkubasi dengan genistein secara *in vitro* tahan terhadap kerusakan yang disebabkan oleh H_2O_2 .

Pada umumnya tempe dibuat dari kedelai kuning, tempe juga dapat dibuat dari bahan baku lain yaitu kedelai hitam. Penelitian tentang tempe yang sudah dipublikasikan umumnya dari kedelai kuning, sedangkan tempe kedelai hitam sangat sedikit. Kelompok tikus yang mengkonsumsi formula mengandung tepung tempe kedelai hitam selama satu bulan menunjukkan adanya tingkat proliferasi sel T lebih tinggi dibanding kelompok kontrol. Sedangkan konsumsi tempe kedelai hitam terhadap proliferasi sel B dan aktivitas produksi antibodi IgA sekretori ada peningkatan, namun tidak berbeda secara signifikan (Nurrahman *et al.*, 2011).

Nurrahman (2015) melaporkan bahwa kedelai hitam varietas Mallika mengandung antosianin dan memiliki kandungan daidzein, asam oleat dan linoleat lebih tinggi dibanding kedelai kuning varietas Grobogan dan impor. Ketiga varietas kedelai memiliki kadar asam amino sama, kecuali valin, isoleusin, alanin dan aspartat. Tempe kedelai hitam memiliki aktivitas antioksidan dan sifat organoleptik lebih tinggi dibanding tempe kedelai kuning (Nurrahman *et al.*, 2012a). Nurrahman *et al.* (2011) juga melaporkan bahwa diit tempe

kedelai hitam meningkatkan indeks stimulasi proliferasi sel T, dan tidak meningkatkan indeks stimulasi sel B dan kadar IgA sekretori pada tikus baik yang tidak diinfeksi maupun yang diinfeksi dengan *Salmonella typhimurium*. Tikus yang mengkonsumsi tempe kedelai hitam juga meningkat daya tahan limfosit dari hidrogen peroksida dan aktivitas enzim SOD (Nurrahman *et al.*, 2012b). Hal ini menunjukkan bahwa di dalam tempe kedelai hitam terdapat komponen-komponen yang mampu menstimulasi sel T, sehingga sel T berproliferasi. Dengan demikian dapat dikatakan mengkonsumsi tempe kedelai hitam dapat meningkatkan sistem imun seluler.

Zhao *et al.*, (2005) melaporkan mencit yang diberi perlakuan diit kedelai mengalami respon proliferasi (sel T dan sel B) lebih tinggi dibanding diit kasein. Ada tiga kemungkinan komponen tempe mampu meningkatkan sistem imun di dalam tubuh. Pertama, komponen tempe seperti vitamin E, β -karoten, asam folat, piridoksin, riboflavin dan vitamin B12 (Maggini *et al.*, 2007) dan beberapa asam amino seperti lisin, metionin, tryptofan, treonin dan leusin (Karmini, 1996) meningkatkan kinerja sel imun. Kedua, komponen tersebut meningkatkan aktivitas enzim antioksidan (Cu, Zn dan Fe) sehingga kemampuan menghambat reaksi oksidasi juga meningkat dan *performance* sel tubuh termasuk limfosit meningkat (Rimbach *et al.*, 2008). Ketiga, komponen fitokimia di dalam tempe berinteraksi dengan reseptor pada permukaan limfosit yang kemudian meningkatkan aktivitas enzim protein tirosin kinase (PTK) dan DNA *polymerase*. Menurut Dixon dan Ferreira (2002), genistein merupakan salah satu isoflavon yang terdapat di kedelai dan produk kedelai mampu berikatan dengan reseptor estrogen. Zhao *et al.*, (2005) juga menyatakan isoflavon menunjukkan efek estrogenesis, dapat berikatan dengan reseptor estrogen dan menginduksi produk spesifik dari gen yang merespon estrogen.

Wang *et al.*, (2008) menyatakan bahwa mengkonsumsi isoflavon yang terkandung dalam makanan dari kedelai dapat memodulasi produksi sitokin. Peran dari komponen tempe kedelai hitam terhadap proliferasi limfosit kemungkinan adalah menstimulasi pembentukan limfokin, terutama interleukin-1 (IL-1) dan interleukin-2 (IL-2). Nurrahman dan Nurhidajah (2015) melaporkan bahwa konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap aktivitas makrofag dan kadar IL-1. Peningkatan aktivitas makrofag berkorelasi positif terhadap jumlah IL-1.

Sel T akan berproliferasi dalam merespon rangsangan antigen, menghasilkan sitokin yang penting untuk penyebaran respon imun dan meningkatkan pengaturan reseptor sitokin secara spesifik pada permukaan sel T, yang selanjutnya akan meningkatkan proliferasi. Asam amino glutamin ekstraseluler berperan untuk mengatur sel T berproliferasi, tingkat produksi interleukin (IL) – 2 dan ekspresi reseptor IL-2 (Newsholme, 2001). IL-2 diproduksi terutama oleh sel T_h yang berperan menginduksi proliferasi sel T, sel B dan sel NK serta mengaktifasi makrofag (Pappa *et al.*, 2007). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui peran tempe kedelai hitam terhadap indeks stimulasi proliferasi sel T, kadar IL-2 dan kadar glutamin plasma darah pada tikus secara *in vivo*.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulum tempe, kedelai hitam varietas Mallika, pakan tikus dengan komposisi berdasarkan AIN 93, tikus (Wistar, sebanyak 30 ekor, jantan dan

berumur 8 minggu), berbagai bahan kimia untuk kultur sel seperti *Roswell Park Memorial Institute* (RPMI 1640, Sigma, USA), fitohemaglutinin (PHA, Sigma, USA) berbagai bahan kimia untuk analisa proliferasi dan *reagent kit* IL-2 (Boster). Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain *microplate reader*, *micropipette*, sentrifus, mikroskop, inkubator CO₂, HPLC dan *laminar flow*.

Prosedur Penelitian

Pada *penelitian* ini dilakukan pembuatan tempe (Nurrahman *et al.*, 2011), pembuatan pakan tikus (Nurrahman *et al.*, 2011), pemeliharaan tikus, analisa indeks stimulasi proliferasi limfosit (Nurrahman, 2012), IL-2 (sesuai dengan manual kit) dan analisa kadar glutamin (AOAC, 2005).

Sebanyak 30 ekor tikus dikelompokkan menjadi 5 (lima), masing-masing kelompok sebanyak 6 ekor tikus. Tikus ditempatkan di dalam kandang individu dan suhu kamar (25 – 27°C). Selama 30 hari dipelihara masing-masing kelompok diperlakukan dengan pemberian diit standar dan diit ditambah tepung tempe kedelai hitam (25, 50, 75 dan 100% sebagai ganti kasein). Adapun komposisi diit terdapat pada Tabel 1.

Pada hari ke-31 sebanyak 30 ekor tikus diambil darah sebanyak 1 ml. Darah yang diperoleh digunakan untuk analisa glutamin. Sedangkan limpa diekstrak limfositnya untuk dianalisa indeks stimulasi proliferasi sel T dan kadar IL-2.

Tabel 1. Komposisi diit tikus (g/kg)

No	Bahan	Diit standar	Diit tempe (%)			
			25	50	75	100
1	Kasein	140	105	70	35	-
2	Pati jagung	620,7	605,94	591,18	576,42	561,66
3	Tepung tempe	-	69,63	139,25	208,88	278,5
4	Minyak jagung	42,29	31,71	21,145	10,57	-
5	Sukrosa	100	100	100	100	100
6	CMC	50	46,35	42,7	39,05	35,4
7	Vitamin mix AIN 93	10	10	10	10	10
8	Mineral mix AIN 93	35	35	35	35	35
9	L-cystin	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
10	Kholin bitatrat	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Keterangan : Penghitungan didasarkan pada analisa proksimat tepung tempe kedelai hitam (Nurrahman, 2012)

Rancangan Percobaan

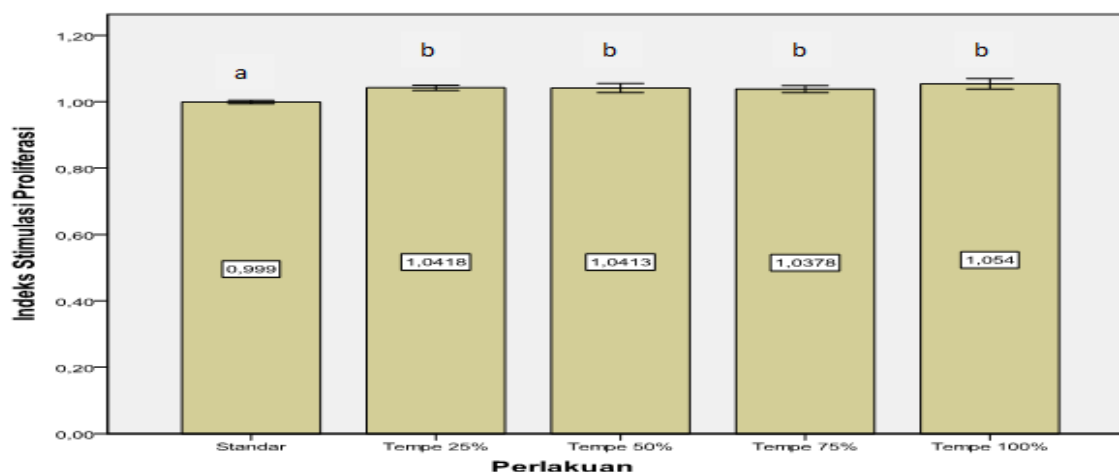
Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan variabel bebas komposisi diit tikus yang terdiri dari diit standar dan diit tempe kedelai hitam (25, 50, 75 dan 100% sebagai pengganti kasein), sedangkan variabel terikatnya indeks stimulasi proliferasi sel T, kadar IL-2 dan kadar glutamin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proliferasi Limfosit T

Indeks stimulasi proliferasi limfosit menggambarkan aktivitas limfosit melakukan proliferasi setelah mendapatkan stimulan dari

mitogen. Dalam hal ini limfosit tikus diperoleh melalui ekstraksi terhadap limpa dan penggunaan PHA sebagai mitogen untuk menstimulasi terjadinya proliferasi pada sel T. Gambar 1 menunjukkan indeks stimulasi proliferasi sel T yang berasal dari tikus yang diberi perlakuan pakan. Kelompok tikus yang diberi pakan standar memiliki indeks stimulasi 0,999, sedangkan kelompok tikus yang diberi pakan mengandung tepung tempe kedelai hitam sebanyak 25, 50, 75 dan 100 persen sebagai pengganti kasein masing-masing 1,048, 1,0413, 1,0378 dan 1,054.



Gambar 1. Grafik pengaruh jenis pakan terhadap indeks stimulasi proliferasi ($p < 0,05$), huruf berbeda menunjukkan beda nyata

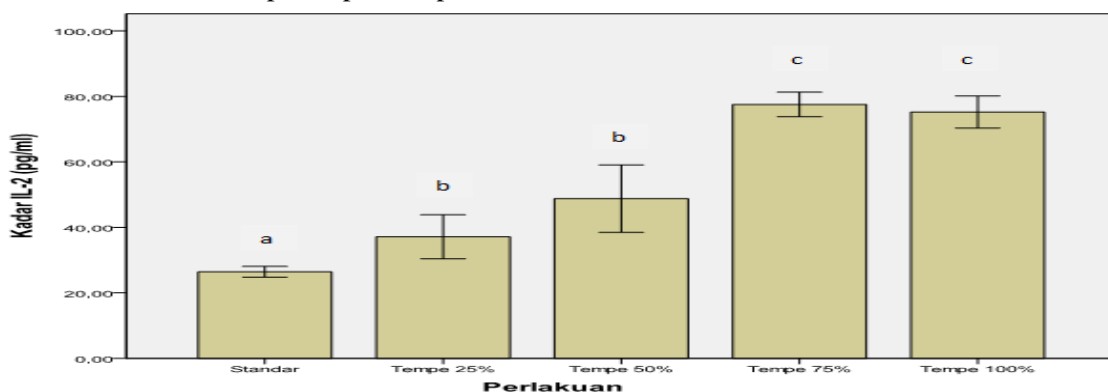
Berdasarkan analisa varian faktor tunggal menunjukkan bahwa formula pakan yang dikonsumsi tikus selama 30 hari berpengaruh terhadap indeks stimulasi proliferasi pada $p < 0,05$. Hal ini dapat dikatakan bahwa konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap indeks stimulasi proliferasi sel T. Kelompok tikus yang diberi pakan mengandung tempe kedelai hitam memiliki indeks stimulasi lebih tinggi dibanding kelompok diit standar. Dengan analisa statistik metode LSD, indeks stimulasi kelompok tikus diit standar berbeda nyata terhadap diit tempe kedelai hitam. Pengaruhnya sudah terlihat nyata pada tikus yang diberi pakan mengandung tempe kedelai hitam 25 persen. Dan pengaruh diit ini terlihat lebih nyata pada penambahan tempe kedelai hitam 100 persen. Sedangkan indeks stimulasi pada kelompok formula tempe kedelai hitam 25, 50, 75 dan 100 persen tidak berbeda nyata.

Indeks stimulasi proliferasi sel T dari tikus yang mengkonsumsi tempe lebih tinggi dibanding diit standar, dengan demikian konsumsi tempe mampu meningkatkan proliferasi sel T. Peningkatan kemampuan aktivitas dari sel T untuk berproliferasi pada kelompok yang mengkonsumsi tempe ini kemungkinan disebabkan komponen seperti isoflavon, vitamin E, β -karoten dan asam amino bebas, yang ada di dalam tempe berperan dalam meningkatkan kinerja sel T (Ramprasath *et al.*, 2005 dan Rimbach *et al.*, 2008). Beberapa asam amino yang ada di dalam kedelai dan tempe dapat berperan

meningkatkan proliferasi sel T antara lain glutamin merupakan sumber energi yang penting bagi limfosit untuk berproliferasi (Schley dan Field, 2002), asam amino sulfur seperti metionin, sistein dan sistin diperlukan oleh sel T dalam menjalankan fungsi sistem imun (Grimble dan Grimbel, 1998) dan arginin yang disuplementasikan ke dalam pakan tikus terbukti meningkatkan sistem imun selular, khususnya meningkatkan respon sel T (Daly *et al.*, 1990). Kemungkinan lain, adanya komponen dalam tempe (isoflavon) yang mampu berinteraksi dengan reseptor pada permukaan sel T sehingga teraktivasi untuk berproliferasi (Zhao *et al.*, 2005). Menurut Dixon dan Ferreira (2002), genistein merupakan salah satu isoflavon yang terdapat di kedelai dan produk kedelai (tempe) mampu berikatan dengan reseptor estrogen.

Interleukin 2 (IL-2)

Pada penelitian ini kadar IL-2 diambil dari suspensi kultur limfosit tikus yang telah dipelihara dengan diberi pakan sesuai dengan perlakuan (pakan standar AIN 93 dan pakan yang menggunakan tepung tempe kedelai hitam sebagai pengganti kasein sebanyak 25, 50, 75 dan 100 persen). Kultur limfosit diperoleh melalui ekstraksi terhadap limpa, kemudian kultur tersebut terlebih dahulu diaktivasi dengan penambahan mitogen PHA dan diinkubasi di dalam inkubator CO₂ selama 72 jam.



Gambar 2. Grafik formula pakan terhadap kadar IL-2 (signifikan pada $p < 0,05$), huruf berbeda menunjukkan beda nyata

Gambar 2 menunjukkan grafik pengaruh konsumsi formula pakan terhadap IL-2 yang diproduksi oleh limfosit tikus. Kelompok tikus yang diberi pakan standar memiliki kadar IL-2 sebanyak pg/ml, sedangkan kelompok tikus yang diberi pakan mengandung tepung tempe kedelai hitam sebanyak 25, 50, 75 dan 100 persen sebagai pengganti kasein masing-masing 26,42, 37,14, 48,79, 77,55 dan 75,23 pg/ml.

Berdasarkan analisa varian faktor tunggal menunjukkan bahwa formula pakan yang dikonsumsi tikus selama 30 hari berpengaruh terhadap kadar IL-2 pada $p < 0,05$. Hal ini dapat dikatakan bahwa konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap kadar IL-2. Ada kecenderungan semakin tinggi jumlah tempe kedelai hitam dalam pakan, semakin tinggi pula kadar IL-2. Kadar IL-1 pada tikus yang diberi pakan mengandung tepung tempe kedelai hitam 25 persen menunjukkan beda nyata dibanding tikus yang diberi pakan standar. Pengaruhnya terlihat nyata pada tikus yang diberi pakan mengandung tempe kedelai hitam 50, 75 dan 100 persen. Namun demikian dari Gambar 2 terlihat bahwa ada kecenderungan semakin banyak jumlah tepung tempe kedelai hitam di dalam pakan semakin tinggi jumlah IL-2 yang diproduksi oleh sel T.

Gambar 1 dan 2 memiliki pola hampir sama, adanya peningkatan indeks stimulasi proliferasi sel T dan kadar IL-2 seiring dengan peningkatan jumlah tepung tempe kedelai hitam di dalam pakan. Berdasarkan analisa *Spearman* antara indeks stimulasi proliferasi sel T dan kadar IL-2 menunjukkan bahwa tingginya kadar IL-2 berkorelasi positif dengan indeks stimulasi proliferasi dengan nilai koefisien korelasi 0,8. Ini menunjukkan bahwa ada kecenderungan semakin tinggi indeks stimulasi proliferasi semakin banyak jumlah IL-2 yang diproduksi.

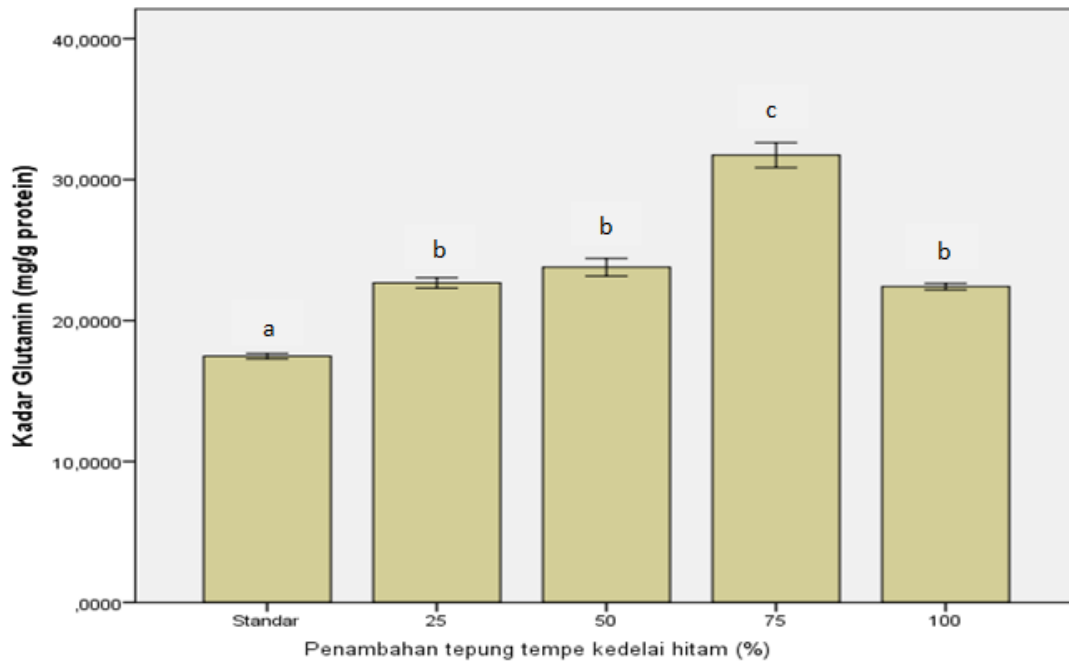
Menurut Paul (2008), bahwa Sel T merupakan 65-85 persen dari semua limfosit dalam sirkulasi. Terdapat dua subset sel T,

yaitu sel T_{helper} (T_h) dan T_{sitotoksik} (T_c). Sel T_h berperan menolong sel B dalam memproduksi antibodi dan sel T_c mempunyai kemampuan untuk menghancurkan sel alogenic dan sel sasaran yang mengandung virus. Sel T_h yang terinduksi oleh sitokin teraktivasi memproduksi sitokin, Th-1 mensintesa IL-2, IFN- γ dan TNF- β dan Th-2 mensintesa IL-4, IL-5, IL-6, IL-9, IL-10 dan IL-13 (Rundles dan Deborah, 1998). Fungsi utama dari IL-2 adalah meningkatkan respon imun dengan cara mengaktifkan proliferasi dan diferensiasi limfosit. Beberapa fungsi dari IL-2 antara lain meningkatkan aktivitas Th, mengaktifkan monosit, menstimulasi proliferasi sel B dan T dan mendorong sel T untuk produksi IFN- γ (Roitt dan Delves, 2001).

Kadar Glutamin

Glutamin merupakan asam amino bebas yang sangat banyak ditubuh manusia. Senyawa tersebut merupakan asam amino yang secara nutrisi non esensial, mempunyai lintasan biosintesis yang pendek. Glutamin mempunyai peran penting bagi sel-sel yang aktif mengalami proliferasi seperti sel-sel imun (Arifin, 2011).

Pada penelitian ini pemeliharaan tikus dilakukan di dalam kandang individual dan dalam ruangan yang dikondisikan pada suhu 25°C. Selama lima hari tikus diberi pakan standar sebagai tahap penyesuaian terhadap pakan dan lingkungan, kemudian dilanjutkan pemberian pakan berdasarkan perlakuan selama 30 hari. Jumlah pakan yang diberikan menggunakan prinsip *ad libitum*, maksudnya pakan yang diberikan berlebih sehingga tikus tidak kekurangan pakan. Setiap 2 hari sekali tikus ditimbang berat badannya untuk melihat pertumbuhan selama pemeliharaan. Pada hari ke 31 semua tikus diambil darahnya sebanyak 1 ml dan ditempatkan pada tabung yang telah diisi EDTA sebagai anti koagulan, darah yang telah diambil disentrifuse selama 10 menit pada kecepatan 3000 rpm.



Gambar 3. Pengaruh diit terhadap kadar glutamin plasma tikus (huruf berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0.05$))

Gambar 3 menunjukkan peningkatan kadar glutamin plasma dengan adanya perlakuan pemberian tepung tempe kedelai hitam. Semua kelompok tikus yang mengkonsumsi pakan perlakuan mengalami peningkatan kadar glutamin dibanding kelompok standar. Kelompok tikus yang mengkonsumsi pakan standar mengandung kadar glutamin rata-rata 17,476 mg/gram protein, kelompok tikus yang mengkonsumsi tempe kedelai hitam 25 persen plasma darahnya mengandung glutamin 22,674 mg/gram protein, kelompok tikus yang mengkonsumsi tempe kedelai hitam 50 persen kadar glutamin plasmanya 23,786 mg/gram protein, kelompok tikus yang mengkonsumsi tempe kedelai hitam 75 persen mengandung glutamin 31,737 mg/gram protein, dan kelompok tikus yang mengkonsumsi tempe kedelai hitam 100 persen kandungan glutamin plasmanya 22,412 mg/gram protein. Hal ini menunjukkan bahwa semua tikus yang dipelihara dengan penambahan tepung kedelai hitam memiliki kandungan asam amino glutamin lebih tinggi dibanding tikus yang diberi pakan standar. Semakin tinggi jumlah tepung tempe yang ditambahkan ada

kecenderungan meningkat kadar glutamin plasma, kecuali pada pemberian 100%.

Berdasarkan analisa statistik dengan metode ANOVA diperoleh kesimpulan bahwa pemberian tepung tempe kedelai hitam meningkatkan jumlah glutamin pada plasma darah secara signifikan ($p < 0.05$). Dengan menggunakan uji LSD untuk melihat pengaruh antar perlakuan diperoleh bahwa kadar glutamin plasma pada kelompok tikus diit standar berbeda nyata dengan perlakuan lain. Nilai rata-rata pada kelompok tikus yang mengkonsumsi tepung tempe kedelai hitam 75 % pengganti kasein paling tinggi dibanding yang lain secara signifikan.

Sel yang mengalami proliferasi membutuhkan energi dan nutrisi, menurut Schley dan Field (2002) untuk terjadinya proliferasi limfosit membutuhkan glutamin sebagai sumber energi. Kadar tinggi glutamin dalam plasma darah mencerminkan cepatnya proliferasi dan diferensiasi, seperti enterosit, fibroblas dan limfosit (Winarsi, 2010). Glutamin ini diperoleh melalui konsumsi protein dari pakan yang disediakan, dalam hal ini tempe kedelai hitam merupakan sumber glutamin. Menurut BPOM RI (2008) sumber L-glutamin dapat diperoleh dari berbagai

sumber pangan alami yaitu sumber protein nabati, seperti kacang kedelai dan kacang hijau, dan sumber protein hewani, seperti ikan, ayam atau daging sapi. Asam amino glutamin juga dapat disintesis di dalam tubuh tikus. Hal ini karena glutamin merupakan asam amino non esensial yang dapat disintesa di dalam tubuh (Newsholme, 2001).

KESIMPULAN

Konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap indeks stimulasi proliferasi sel T dan kadar IL-2 ($p < 0.05$). Peningkatan indeks stimulasi proliferasi sel T berkorelasi positif terhadap jumlah IL-2 ($p < 0.05$), dengan koefisien korelasi 0,8. Konsumsi tempe kedelai hitam berpengaruh terhadap kadar glutamin plasma ($p < 0.05$).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan Nasional melalui DIPA Kopertis Wilayah VI Jawa Tengah tahun anggaran 2014 dan 2015.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemests*. AOAC, Inc.Arlington, Virginia.
- Arifin, H. 2011. Peran Glutamin pada Pasien dengan Penyakit Kritis. *Journal of Pharmaceutical Development and Medical Application* Vol. 24, No.3.
- Badan POM RI. 2008. Glutamin. Jakarta: *Jurnal Naturalkos*. Vol. 3/ No. 9.
- Daly, J.M., J. Reynolds, R.K. Sigal, J. Shou and M.D. Liberman. 1990. Effect of dietary protein and amino acids on immune function. *Cri. Care Med.*, 18:86 – 93.
- Dixon, R.A. and D.Ferreira. 2002. Genistein. *Phytochem.*, 60: 205 – 211.
- Grimble, R.F. and G.K. Grimble. 1998. Immunonutrition: role of sulfur amino acids, related amino acids, and polyamines. *Nutr.*, 14:605 – 670.
- Hermana, M. Karmini dan D. Karyadi. 1996. Komposisi dan nilai gizi tempe serta manfaatnya dalam peningkatan mutu gizi makanan. *Dalam*. Sapuan dan N. Soetrisno, eds. 1996. *Bunga Rampai*

- Tempe Indonesia, Jakarta*, hal. 61-67. Yayasan Tempe Indonesia, Jakarta.
- Karmini, M. 1996. Tempe dan infeksi. *Dalam*. Sapuan dan N. Soetrisno (eds.). 1996. *Bunga Rampai Tempe Indonesia, Jakarta*, hal. 91-100. Yayasan Tempe Indonesia, Jakarta.
- Maggini, S., E.S. Wintergerst, S. Beveridge and D.H. Honig. 2007. Selected vitamins and trace elements support immune function by strengthening epithelial barriers and cellular and humoral immune responses. *Br J Nutr.*, 1:29 – 35.
- Newsholme, P. 2001. Glutamine Metabolism : Nutritional and Clinical Significance “Why is L-Glutamine Metabolism Important to Cell of The Immune System and Health, Postinjury, Surgery or Infection?”. Ireland, UK : Departement of Biochemistry, University College of Dublin. *Journal of Nutrition* page 2515S-2522S.
- Nurrahman. 2012. Potensi Tempe Kedelai Hitam dalam meningkatkan Kadar IgA Sekretori dan Proliferasi Limfosit *in vivo*. Disertasi. Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Nurrahman. 2015. Evaluasi Komposisi Zat Gizi dan Senyawa Antioksidan Kedelai Hitam dan Kedelai Kuning. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 4(3): 89 – 93.
- Nurrahman, M. Astuti, Suparmo dan M.H.N.E. Soesatyo. 2011. The effect of black soybeans tempe and it's ethanol extract on lymphocyte proliferation and IgA secretion in *Salmonella typhimurium* induced rat. *Afri. J. Food Scie.*, 5(14): 775 – 779.
- Nurrahman, M. Astuti, Suparmo dan M.H.N.E. Soesatyo. 2012a. Pertumbuhan jamur, sifat organoleptik dan aktivitas antioksidan tempe kedelai hitam yang diproduksi dengan berbagai jenis inokulum. *J. Agritech*, 32(1):60 – 65.
- Nurrahman, M. Astuti, Suparmo dan M.H.N.E. Soesatyo. 2012b. Peran tempe kedelai hitam dalam meningkatkan aktivitas enzim antioksidan dan daya tahan limfosit terhadap hidrogen peroksida *in vivo*.

- Proseding Seminar Hasil-hasil Penelitian UNIMUS, Semarang.
- Nurrahman dan Nurhidajah. 2015. Pengaruh Konsumsi Tempe Kedelai Hitam terhadap Aktivitas Makrofag dan Kadar IL-1 pada Tikus Secara *in vivo*. Jurnal Agritech.....
- Pappa, C., S. Miyakis, G. Tsirakis, A. Sfiridaki, A.Alegakis, M. Kafousi, E.N. Stathopoulos, and M.G. Alexandrakis. 2007. Serum levels of interleukin-15 and interleukin-10 and their correlation with proliferating cell nuclear antigen in multiple myeloma. *Cyt.*, 37: 171 – 175.
- Paul, W.E. 2008. *Fundamental Immunology*. Lippincott Williams dan Wilkins, New York.
- Ramprasath, V.R.,Shanthi, P,danSachdanandam, P. (2005). Evaluation antioxidant effect of *Samecarpus anacardium* Linn. Extract on the components of immune system in adjuvant arthritis. *Vascular Pharmacology*,42:179 – 186.
- Rimbach, G., C.B. Saadatmandi, J. Frank, D. Fuchs, U. Wenzel, H. Daniel, W.L. Hall and P.D. Weinberg. 2008. Dietary isoflavones in the prevention of cardiovascular disease-A molecular prespective. *Food and Chem. Toxicol.*, 46:1308-1319.
- Roitt, I.M. and P.J. Delves. 2001. *Essential Immunology*. Blackwell Scientific Publication, London.
- Rundels, S.C. and Deborah, H.L. 1998. Nutrition and the imune sistem of the gut. *Nutr.*, 14:573-579.
- Schley, P.D. and C.J.Field. 2002. The immune-enhanching effect of dietary fibers and prebiotics. *Br. J. Nutr.*, 87: 221 – 230.
- Sierens, J., Hartley, J.A., Campbell,M.J., Leathem, A.J.C., dan Woodside, J.V. 2001. Effect of phytoestrogen and antioxidant supplementation on oxidative DNA damage assessed using the comet assay. *Mutation Research*,485:169-176.
- Wang, J., Q. Zhang, S. Jin, D. He, S. Zhao and S. Liu. 2008. Genistein modulate imune responses in collagen-induced rheumatoid arthristis model. *Mat.*, 59: 405-412.
- Winarsi, H. 2010. *Protein Kedelai dan Kecambah, Manfaatnya bagi kesehatan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Zhao, J.H., S.J. Sun, H. Horiguchi, Y. Arao, N. Kanamori, A. Kikuchi, E. Oguma and F. Kayama. 2005. A soy diet accelerates renal damage in autoimmune MRL/Mp-lpr/lpr mice. *Int. Immunopharmacol.*, 5: 1601-1610.