

FARNIN SIREGAR (F2.053). Mempelajari pembuatan "protein isolates" dalam suatu sistim "aqueous" dari kedelai (Glycine max. MERR) (Di bawah bimbingan SUHADI HARDJO M.Sc. dan Ir. MOEHAMMAD AMAN).

RINGKASAN

Pembuatan "protein isolates" dipelajari dari tepung kedelai utuh dengan cara pengolahan yang lebih praktis yang dilakukan dalam sistim "aqueous".

Pembuatan "protein isolates" yang dilakukan yaitu penggilingan tepung kedelai pada alat "Wiley", lalu dilarutkan dalam air mendidih dengan perbandingan berat antara bahan dengan air masing-masing 1 : 5, 1 : 10, 1 : 15 dan 1 : 20. Selanjutnya ditambahkan larutan NaOH 0,5 N sampai pH mencapai masing-masing 8,0, 9,0 dan 10,0, lalu dipusingkan dengan alat sentrifusi untuk memisahkan ampas dengan filtrat. Ampas dibuang dan ke dalam filtrat ditambahkan larutan HCl 0,5 N untuk mengendapkan protein. Pada proses pengendapan ini juga akan terpisahkan lemaknya. Pemisahan dilanjutkan dengan memanaskan filtrat dalam penangas air yang diteruskan dengan pemusingan. Pemanasan dilakukan dengan tiga macam suhu, yaitu 25 - 30^o, 50 - 55^o dan 75 - 80^oC dengan lama pemanasan masing-masing 30, 60, 90 dan 120 menit. Selanjutnya padatan protein yang mengendap dicuci, dikeringkan dalam oven pada suhu 50 - 55^oC selama lebih kurang 18 jam.



F/THP/1974/026

S-I
664-38
SIR
m

B

MEMPELAJARI PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES" DALAM SUATU
SISTIM "AQUEOUS" DARI KEDELAI (Glycine max.MERR)

Oleh

FARNIN SIREGAR

F2.053

1974

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

FAKULTAS MEKANISASI DAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN

BOGOR



Glick opa miter IPB University

IPB University

Has Cipta Hibridasi Unsur-unsur
1. Diambil sebagai sebagian dari silabus yang ada di Departemen dan diperbaiki untuk
2. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
3. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
4. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
5. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
6. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
7. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
8. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
9. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak
10. Penelitian hasil anak-anak yang diterbitkan, misalnya, penelitian hasil anak-anak, penelitian hasil anak-anak

IPB University

MEMPELAJARI PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES" DALAM SUATU
SISTIM "AQUEOUS" DARI KEDELAI (Glycine max.MERR)

Oleh

FARNIN SIREGAR

F2.053

TESIS

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
dari Fakultas Mekanisasi dan Teknologi Hasil Pertanian
Institut Pertanian Bogor

1974

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS MEKANISASI DAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
BOGOR



KATA PENGANTAR

Tesis yang berjudul "Mempelajari pembuatan "protein isolates" dalam suatu sistim "aqueous" dari kedelai (Glycine max. MERR)" disusun berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Mekanisasi dan Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian Bogor, mulai dari bulan Januari 1973 sampai dengan bulan Oktober 1973.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Suhadi Hardjo M.Sc. dan Bapak Ir. Moehammad Aman sebagai Dosen Pembimbing Minat Utama, yang telah membimbing dan membantu penulis, sehingga tersusunnya tesis ini.
2. Ibu Ir. Kristiaty Dewipadma M.Sc., sebagai Panitia Pendidikan Sarjana Seksi Tesis yang telah memeriksa cara penyajian dan penulisan tesis ini.
3. Seluruh Staf Pengurus dan Karyawan Laboratorium Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Mekanisasi dan Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian Bogor, yang telah memberikan fasilitas dan bantuan selama berlangsungnya penelitian.

Penulis yakin, masih banyak kekurangan-kekurangan dari tesis ini, oleh karena itu segala petunjuk dan kritik akan diterima dengan senang hati.

Akhir kata, semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat.

Bogor, Mei 1974

Penulis.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR TABEL | vi |
| DAFTAR GAMBAR | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN | viii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| A. KOMPOSISI DAN SIFAT-SIFAT PROTEIN KEDELAI | 5 |
| B. PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES" | 12 |
| C. MASALAH-MASALAH DALAM PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES" | 15 |
| III. BAHAN DAN METODA PENELITIAN | 20 |
| A. BAHAN | 20 |
| B. PENELITIAN PENDAHULUAN | 20 |
| C. PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES" | 21 |
| D. PENGAMATAN | 24 |
| E. ANALISA STATISTIK | 27 |
| IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | 28 |
| A. PENELITIAN PENDAHULUAN | 28 |
| B. PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES" | 30 |
| V. KESIMPULAN DAN SARAN | 54 |
| DAFTAR PUSTAKA | 66 |
| L A M P I R A N | 62 |

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Seluruh isi dokumen ini adalah hak cipta IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi IPB University di alamat yang tertera pada sampul buku ini.

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 1. Komposisi asam amino "meal" dan "protein isolates" | 7 |
| Tabel 2. Asam-asam amino "protein isolates" kedelai dan "standard" | 9 |

Hak Cipta: Pribadi/Instansi/Umum/Undang-undang
1. Dilindungi sebagai hak cipta dan tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
2. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
3. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
4. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
5. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
6. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
7. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
8. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
9. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.
10. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruhnya dengan syarat tidak diperjualbelikan atau dipertukarkan dengan hak cipta lainnya.

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 1. Histogram perbandingan komposisi dan hasil dari berbagai bentuk protein kedelai | 6 |
| Gambar 2. Grafik hubungan kelarutan protein kedelai dengan pH larutan | 11 |
| Gambar 3. Tahap-tahap pembuatan "protein isolates" | 14 |
| Gambar 4. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar lemak dengan suhu ekstraksi | 32 |
| Gambar 5. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar lemak dengan pH larutan | 34 |
| Gambar 6. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar abu dengan perbandingan berat antara bahan dengan air | 38 |
| Gambar 7. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar abu dengan suhu ekstraksi | 39 |
| Gambar 8. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar protein dengan suhu ekstraksi | 41 |
| Gambar 9. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar protein dengan pH larutan | 43 |
| Gambar 10. Grafik hubungan antara arcsin Vx rendemen protein dengan suhu ekstraksi | 47 |
| Gambar 11. Grafik hubungan antara arcsin Vx rendemen protein dengan pH larutan | 49 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran 1. Nilai rata-rata kadar air, abu, lemak, protein dan rendemen protein dari "protein isolates" | 63 |
| Lampiran 2. Daftar Sidik Ragam Kadar Lemak | 69 |
| Lampiran 3. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan C terhadap kadar lemak "protein isolates" | 71 |
| Lampiran 4. Daftar Sidik Ragam Kadar Abu | 72 |
| Lampiran 5. Daftar Sidik Ragam Kadar Protein | 74 |
| Lampiran 6. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan C terhadap kadar protein dari "protein isolates". | 76 |
| Lampiran 7. Daftar Sidik Ragam Rendemen Protein | 77 |
| Lampiran 8. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan C terhadap rendemen protein | 79 |
| Lampiran 9. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan D terhadap rendemen protein | 80 |

I. PENDAHULUAN

Sebagian besar umat manusia di dunia sekarang ini sedang menghadapi masalah kekurangan bahan makanan. Di negara-negara yang sedang berkembang, termasuk Indonesia, jumlah bahan makanan per kapita menurun, akibat meningkatnya jumlah penduduk yang tidak seimbang dengan kemajuan produksi pangan. Manusia tidak hanya kekurangan kalori, tetapi yang lebih parah lagi adalah kekurangan protein. Kekurangan ini dapat menyebabkan gangguan fisik dan mental pada manusia, terutama pada anak-anak. Untuk mengatasi hal ini perlu diusahakan peningkatan persediaan bahan makanan, terutama yang berupa sumber-sumber protein.

Salah satu usaha Pemerintah Indonesia dalam rencana pembangunannya, disamping terus meningkatkan produksi sumber-sumber protein, juga memanfaatkan sebesar-besarnya sumber-sumber protein yang telah ada. Peningkatan produksi protein hewani, baik dari sektor peternakan maupun perikanan, bagi Indonesia belum memungkinkan, jika ditinjau dari segi peralatan maupun dari segi pengusahaannya, karena memerlukan prasarana yang mahal. Akan tetapi peningkatan produksi protein nabati pada saat ini akan lebih efisien.

Hal ini sesuai dengan anjuran Perserikatan Bangsa-Bangsa pada tahun 1968 yang mengusulkan untuk meningkatkan penggunaan biji-bijian sebagai sumber protein untuk

manusia, mengingat sulitnya memperoleh sumber protein lain yang dapat mengatasi dengan cepat kekurangan akan protein tersebut. Diantara sumber protein nabati yang berasal dari biji-bijian yang mempunyai kedudukan utama adalah kedelai.

Kedelai mempunyai nilai gizi yang tinggi karena mengandung protein, lemak dan zat-zat gizi lainnya. Kadar protein kedelai cukup tinggi yaitu kurang lebih 40 persen dengan susunan asam amino yang mendekati pola protein susu sapi. Disamping mudah ditingkatkan produksinya, kedelai juga merupakan tanaman asal setempat yang sudah dikenal dan terbeli oleh rakyat.

Makanan-makanan tradisional yang dibuat dari kedelai di Indonesia dapat dijumpai dalam berbagai bentuk diantaranya tahu, tempe, kecap dan tauco, sedang di negara-negara Asia lainnya dikenal antara lain susu kedelai, kembang tahu dan miso. Makanan-makanan tersebut mempunyai popularitas sendiri-sendiri yang tergantung kepada selera atau kebiasaan masyarakat dimana makanan tersebut dibuat.

Selain sebagai makanan tradisional, kedelai dapat digunakan sebagai bahan baku industri, baik industri pangan maupun industri non pangan. Protein kedelai adalah salah satu susunan bahan kimia pada kedelai yang mempunyai arti penting sebagai bahan baku industri, disamping lemak dan lecithinnya.

Dalam industri pangan, protein kedelai antara lain dipakai dalam "bakery products" seperti roti dan kue-kue, "confections", keju, susu, es krim, daging tiruan, makaroni dan sosis. Untuk negara-negara yang sudah maju industrinya seperti Amerika Serikat, protein kedelai ini selain berguna dalam industri pangan, juga dipakai dalam industri lainnya seperti industri perekat, kosmetik, kertas, tinta cetak dan plastik,

Salah satu bentuk dari pemakaian protein kedelai adalah dibuat "protein isolates", yaitu protein yang telah dipisahkan dari bahan-bahan lainnya seperti lemak, karbohidrat. "Protein isolates" ini mengandung protein lebih kurang 90 persen dan berguna sebagai bahan baku industri pangan atau untuk tujuan memperbaiki gizi makanan.

Pada saat ini di Institut Pertanian Bogor dilakukan serangkaian penelitian mengenai bermacam-macam pengolahan kedelai yang terarah pada kegunaan kedelai tersebut sebagai bahan makanan manusia. Salah satu dari penelitian itu adalah mengenai cara pengolahan baru dalam pembuatan "protein isolates", dengan harapan memperoleh rendemen "protein isolates" yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengolahan yang biasa dilakukan, apabila penelitian ini mencapai sasarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mencari kondisi yang optimal untuk memperoleh "protein isolates" semaksimal

mungkin dari kedelai dengan cara ekstraksi dalam sistem "aqueous", sehingga sekaligus memisahkan protein dari bagian kedelai lainnya. Komponen lemak yang jumlahnya cukup banyak, tidak merupakan sasaran penelitian dalam tesis ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. KOMPOSISI DAN SIFAT-SIFAT PROTEIN KEDELAI

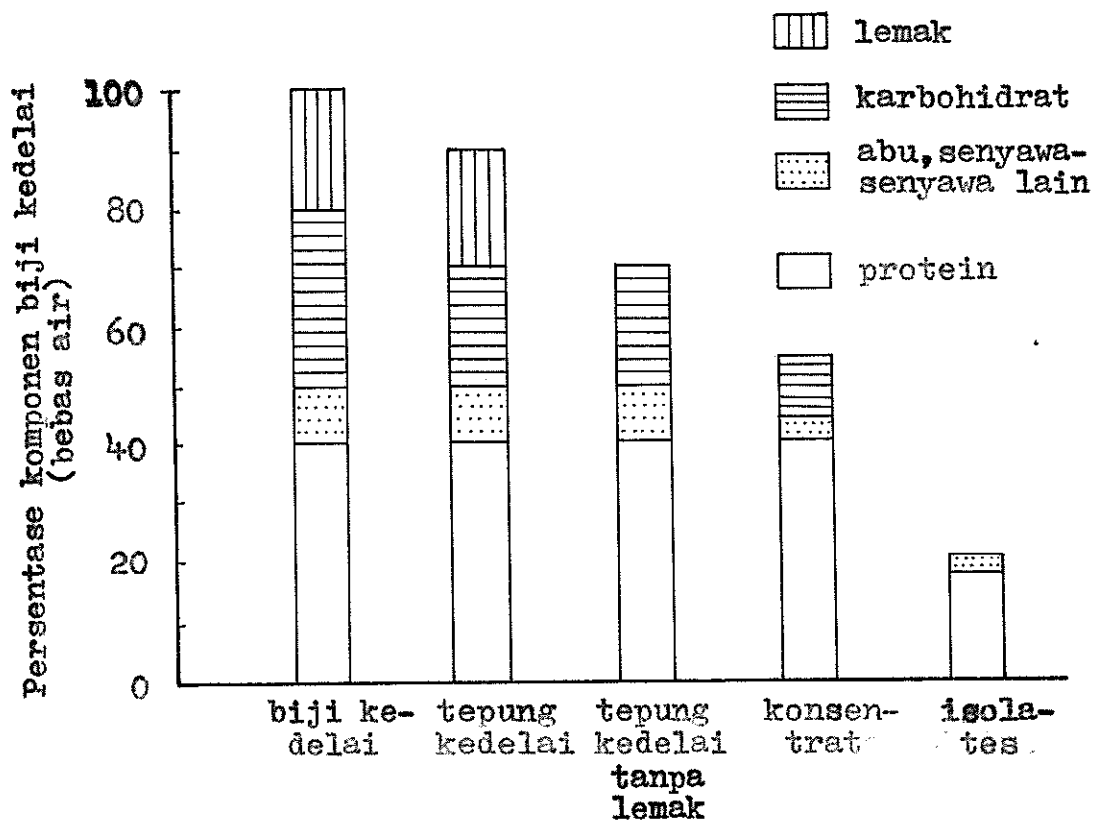
Protein kedelai adalah protein yang termasuk murah, lengkap dan mempunyai sifat-sifat fisiko-kimia yang sangat baik. Sifat-sifat itu menurut SOMAATMADJA (1964) dan WOLF (1970) antara lain adalah daya pengikat lemak, pengemulsi, pembusa, pembentuk film, pembentuk gel, pembentuk adonan, perekat dan pengental. Menurut ANSON (1958) dan WOLF (1970) protein kedelai berguna dalam industri pangan karena berfungsi sebagai aditif untuk memperbaiki "appearance", tekstur dan flavor. Penggunaan-penggunaan khusus lainnya adalah untuk orang yang alergi terhadap protein hewani dan sebagai supplement protein terhadap bahan makanan lainnya.

Menurut WOLF (1972a) protein kedelai mempunyai bermacam-macam bentuk yang berbeda antara lain dalam komposisi, sifat-sifat dan ukuran partikelnya. Pada Gambar 1 dapat dilihat perbandingan komposisi dan jumlah hasil dari berbagai bentuk protein kedelai.

Untuk membuat macam-macam bentuk dari protein tersebut dibutuhkan cara-cara pengolahan tertentu. Dengan meningkatnya kandungan protein, cara pengolahan juga menjadi lebih kompleks, karena langkah-langkah penting



perlu diambil untuk memisahkan protein dari bahan-bahan lainnya.



Gambar 1. Histogram perbandingan komposisi dan hasil dari berbagai bentuk protein kedelai (WOLF, 1972a).

Salah satu bentuk dari pemakaian protein kedelai adalah dibuat "protein isolates" yang merupakan bentuk paling murni dari protein kedelai dimana bahan-bahan seperti minyak dan karbohidrat dipisahkan, sedang bahan bukan protein yang tetap tinggal pada "protein isolates" tersebut tidak lebih dari 10 persen. Bahan yang bukan protein pada "protein isolates" adalah

Dalam Tabel 1 terlihat perbedaan komposisi asam amino essensial antara "meal" dan "isolates", yang disebabkan adanya pembagian dalam tingkat pengolahan selama pembuatan bahan-bahan tersebut. Menurut WOLF dan COWAN (1971), disamping kondisi-kondisi pengolahan, nilai gizi "protein isolates" juga dipengaruhi oleh varietas kedelai.

Menurut WOLF (1970) "protein isolates" dari kedelai mengandung kira-kira 95 persen protein, 2 - 4 persen abu dan 3 - 4 persen senyawa minor, sedang CIRCLE dan SMITH (1972) menyatakan disamping bahan-bahan tersebut di atas, "protein isolates" juga mengandung minyak, asam phytat dan gula.

HUGE (1961) melaporkan komposisi asam amino "protein isolates" dari kedelai seperti dapat dilihat pada Tabel 2. Di dalam Tabel ini dicantumkan juga angka-angka asam amino "Provisional Amino Acid Pattern" (PAAP) sebagai "standard", yang dicantumkan disini sebagai pembanding.

Dari Tabel 2 tersebut terlihat bahwa asam amino essensial dari "protein isolates" dibandingkan dengan "standard" mempunyai nilai yang lebih baik, kecuali asam amino yang mengandung belerang. Menurut CIRCLE dan JOHNSON (1958) nilai biologis (BV) dari "protein isolates" kedelai tinggi yaitu 82,4 yang tidak jauh

berbeda dengan BV susu (90) dan telur (87). Kekurangan akan asam amino yang mengandung belerang ini dapat dipenuhi dari sumber lain untuk D-L-methionine, apabila "protein isolates" akan dipakai sebagai bahan suplementasi terhadap bahan makanan lainnya.

Tabel 2. Asam-asam amino "protein isolates" kedelai dan "standard" (mg as.amino/gr.N).*)

| Asam amino | "Protein iso- lates" kedelai | "Standard" (PAAP) |
|----------------------|---------------------------------|----------------------|
| Lysine | 392 | 270 |
| Threonine | 231 | 180 |
| Methionine | 69 | 144 |
| Total Meth.+ Cystine | 129 | 270 |
| Valine | 322 | 270 |
| Isoleusine | 315 | 306 |
| Tyrosine | 238 | 180 |
| Phenylalanine | 342 | 180 |

*) HUGE, W.E. (1961). Present & Potential Uses of Soybean Flour, Grits & Protein Concentrates in Foods. Proceeding of Conference on Soybean Products for Protein in Human Foods. USDA, Illinois.

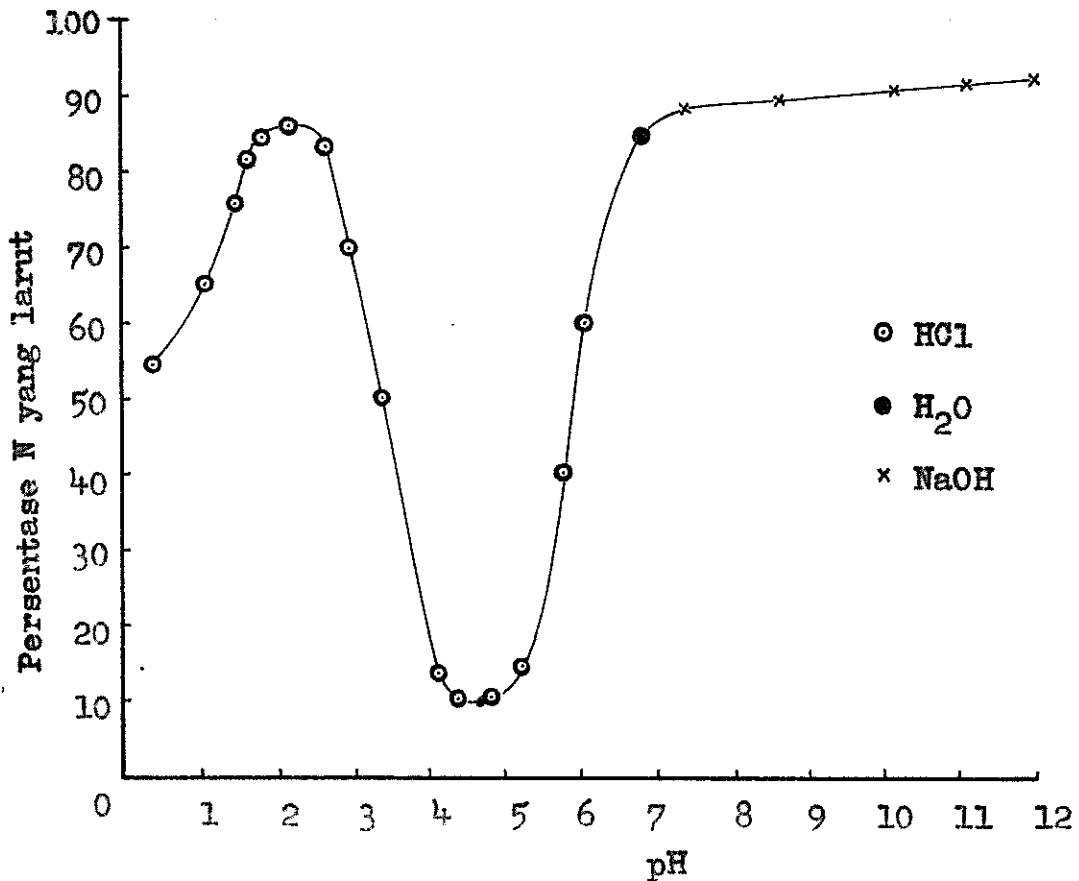
Tingginya kandungan asam amino lysine membuat "protein isolates" berguna sebagai supplement terhadap bahan makanan yang kekurangan akan lysine seperti protein gandum-gandum. Menurut CIRCLE dan SMITH (1972), penambahan "protein isolates" kedelai dengan perbandingan tertentu dalam pembuatan roti, akan memberikan hasil yang baik tanpa merubah volume, rasa, bau dan

warna roti. Dalam hal ini "protein isolates" mempunyai dua fungsi, baik sebagai supplement maupun karena sifatnya.

CIRCLE (1951) menyatakan bahwa bagian terbesar dari protein kedelai adalah globulin. Protein kedelai mengandung 85 - 95 persen globulin, sedang sisanya adalah albumin, proteose, prolamine dan glutelin. Globulin mengandung 78,5 persen glycinin dan 21,5 persen phaseolin, sedang albumin mengandung 78,5 persen legumelin dan 21,2 persen soy legumelin. Glycinin dan legumelin merupakan bagian yang penting di dalam protein kedelai, karena sebagian besar terdiri dari gugusan asam amino essensial.

WOLF (1970) menyatakan bahwa sifat fisika yang penting dari protein kedelai adalah daya larutnya. Daya larut ini dipengaruhi antara lain oleh pemanasan, pH, garam-garam dan adanya asam phytat. Globulin kedelai larut di dalam air dan larutan garam encer, tetapi akan mengendap pada pH 4,2 - 4,6, yang juga dianggap merupakan titik iso-elektrik dari protein kedelai.

Menurut WOLF (1972a) kelarutan maksimum dari protein kedelai dalam air destilasi terjadi pada pH 6,5. Hal ini dapat dilihat pada grafik dalam Gambar 2, yang menggambarkan hubungan antara pH dengan daya larut protein kedelai.



Gambar 2. Grafik hubungan kelarutan protein kedelai dengan pH larutan (WOLF, 1972a).

Apabila pH ditingkatkan dengan penambahan alkali, maka protein yang larut akan menunjukkan grafik menaik, akan tetapi penambahan asam akan menurunkan kelarutan protein kedelai dan pada pH sekitar 4 - 5, yang merupakan daerah titik iso-elektrik, kelarutan protein akan mencapai tingkat yang paling rendah, dimana protein akan mengendap. Apabila asam ditambahkan lagi yang berarti pH berada dibawah titik iso-elektrik, protein

akan melarut kembali.

Kedelai mengandung asam phytat, yang membuat senyawa kompleks dengan protein, apabila protein didapatkan dengan asam. Jika asam phytat ini disingkirkan, titik iso-elektrik proteinnya akan berubah menjadi lebih alkalis dan protein tersebut akan larut pada pH rendah.

WOLF (1970) menyatakan bahwa larutan protein kedelai yang dipanaskan daya larutnya akan berubah. Kedelai atau bungkil kedelai yang dilarutkan dalam air dan dipanaskan dengan uap pada tekanan satu atmosfer selama 10 menit, akan berkurang daya larut proteinnya, yaitu dari 80 persen menjadi hanya 20 persen. Demikian pula apabila larutan "protein isolates" dengan konsentrasi protein di atas 7 persen dipanaskan, maka kekentalan larutan akan bertambah dan menyebabkan terbentuknya gel. Gel ini terbentuk dalam waktu 10 - 30 menit pada suhu 70 - 100°C. Cara-cara pemanasan seperti tersebut umumnya dipakai sebagai dasar untuk membuat produksi daging tiruan dari "protein isolates" kedelai.

B. PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES"

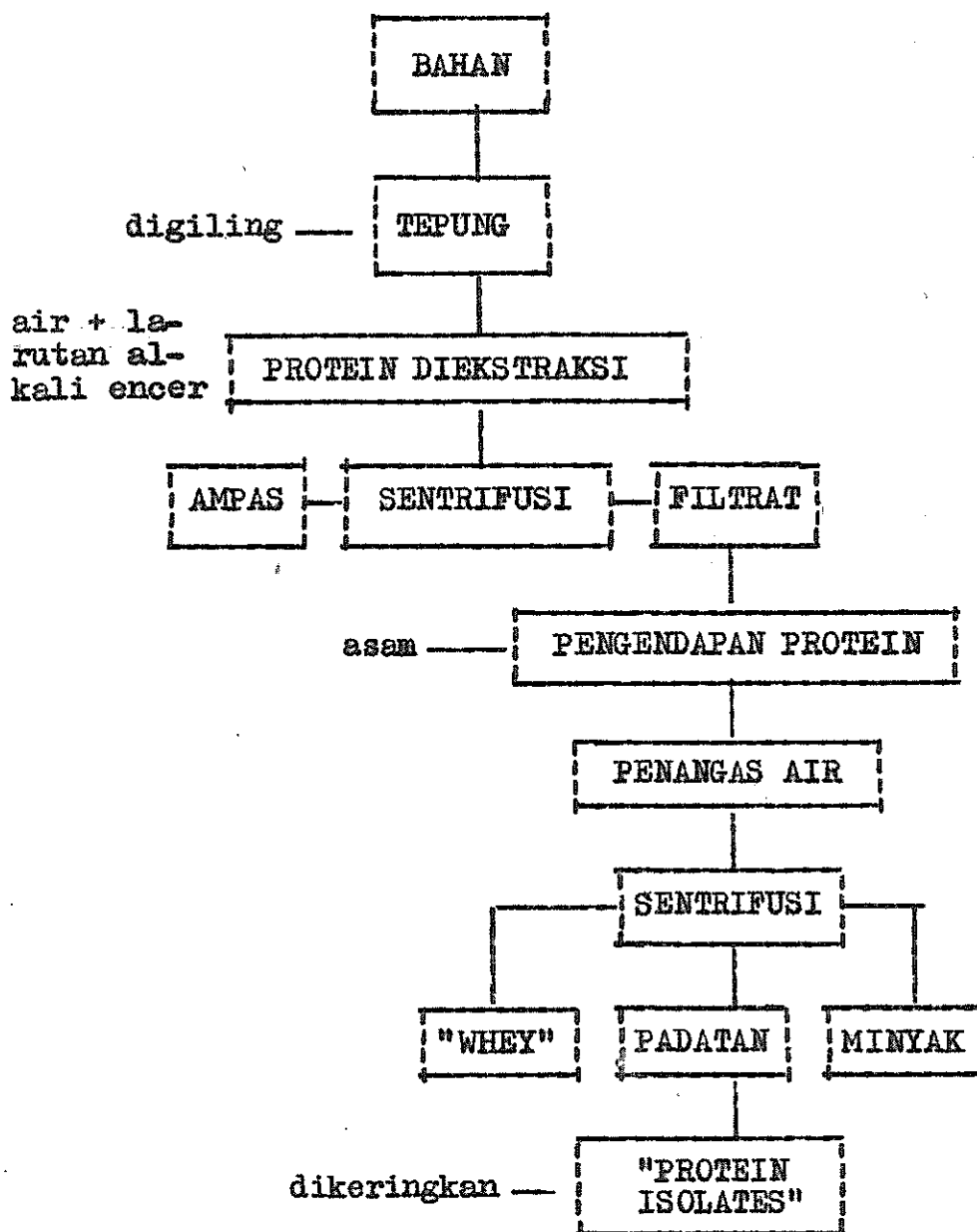
Umumnya "protein isolates" dibuat dari tepung atau bungkil kedelai setelah minyaknya dipisahkan dengan jalan "mechanical press" atau "solvent extraction".



Akan tetapi ada cara lain yang lebih praktis yang dapat memisahkan protein dari bagian-bagian lainnya secara serentak dari bahan utuh. Proses ini dilakukan dalam media "aqueous" yang berupa basa dan asam. Pembuatan "protein isolates" dengan cara ini dilakukan oleh KHEE et al.(1972) pada kacang tanah dengan memperoleh hasil yang cukup baik. Menurut WOLF (1972) pembuatan "protein isolates" didasarkan pada sifat-sifat larutan dari protein tersebut.

Adapun prinsip pembuatannya dapat digambarkan sebagai berikut: Mula-mula bahan digiling menjadi tepung, lalu dilarutkan di dalam air dalam suasana basa (dengan penambahan larutan alkali encer) untuk mengekstraksi proteinnya. Selanjutnya larutan dipisahkan dari bagian yang tidak larut dengan pemusingan, lalu ditambahkan asam sampai titik iso-elektrik, untuk mengendapkan proteinnya, yang secara serentak juga berfungsi mengekstraksi minyaknya. Sesudah pH titik iso-elektrik dicapai, ekstraksi dilanjutkan dengan pemanasan dalam penangas air, yang juga dimaksudkan untuk menyempurnakan pemecahan emulsi minyak dengan air. Dengan menggunakan pemusingan, pemisahan protein, minyak dan "whey" akan lebih sempurna. Selanjutnya padatan (curd) yang berupa protein dicuci, kemudian dikeringkan dan akan diperoleh hasil akhir berupa "pro-

tein isolates". Dalam Gambar 3 terlihat tahap-tahap pembuatan "protein isolates"



Gambar 3. Tahap-tahap pembuatan "protein isolates".

Pada Gambar 3 terlihat bahwa "protein isolates" yang diperoleh yaitu protein yang mempunyai pH sekitar titik iso-elektrik. Menurut WOLF (1972a) hampir semua "protein isolates" dinetralkan kembali dengan larutan alkali, yang selanjutnya baru dikeringkan. Dalam perdagangan, "protein isolates" umumnya dinetralkan dengan NaOH dan disebut "Na-proteinat", tetapi "Ca" dan "K-proteinat" juga cukup dikenal. Menurut CIRCLE dan SMITH (1972) "protein isolates" dari kedelai biasanya dijual dengan warna putih kekuning-kuningan, berupa tepung dan umumnya berbentuk "proteinat" dengan pH antara 6,7 - 7,2. "Proteinat" ini lebih disukai oleh konsumen, karena sifatnya yang mudah larut dan bahan yang larut selalu lebih mudah untuk dicampur dalam membentuk suatu makanan. Jadi walaupun "protein isolates" yang diperdagangkan mempunyai persamaan dalam susunan kimia, tetapi sifat-sifat fisiknya mungkin berbeda oleh karena adanya variasi dalam pengolahannya.

C. MASALAH-MASALAH DALAM PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES"

Untuk mendapatkan rendemen "protein isolates" yang tinggi perlu diperhatikan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil akhir. Menurut WOLF (1972b) faktor-faktor tersebut antara lain adalah ukuran partikel, perbandingan berat antara air dengan bahan, pH dan pemanasan.

Menurut CIRCLE (1951) ukuran partikel memainkan peranan penting pada pelarutan protein dalam air. Makin kecil ukuran partikel, makin mudah protein larut dalam air. Penggilingan kedelai menjadi tepung dengan alat "Wiley" akan meningkatkan kelarutan protein dalam air.

KHEE et al. (1972), menyatakan bahwa tepung yang diaduk dalam air dengan menggunakan alat "magnetic stirrer" akan memberikan rendemen "protein isolates" yang lebih baik dibandingkan dengan penggilingan dan pengadukan secara basah di dalam "Waring Blendor".

Menurut CIRCLE (1951) untuk mengekstraksi protein kedelai dilakukan penambahan air. Setiap 100 gram kedelai kering mengandung 6,94 gram N dan dari jumlah ini lebih kurang 85 persen larut dalam air.

Untuk meningkatkan daya larut protein, maka biasanya ditambahkan larutan alkali encer seperti NaOH, KOH dan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Bahan pelarut yang mempunyai daya paling efektif untuk mengekstraksi protein kedelai dan kacang tanah adalah NaOH. Menurut WOLF (1970) bungkil kedelai yang diekstraksi dalam air pada pH 6,5 akan melarutkan protein sebanyak 85 persen dan apabila ditambahkan larutan NaOH encer maka pada pH 8,0 atau lebih, akan melarutkan protein lebih besar dari 90 persen (lihat Gambar 2).

Menurut WOLF (1972b) penambahan larutan alkali dalam pembuatan "protein isolates" dari bungkil atau tepung kedelai dianjurkan hanya sampai pada pH 9,0, oleh karena ekstraksi dengan larutan alkali yang melebihi pH 9,0 akan menyebabkan denaturasi protein (WOLF dan COWAN, 1971). Disamping menurunkan nilai gizi protein, juga ekstraksi dengan larutan alkali yang berlebihan (pH tinggi) akan membuat larutan menjadi lebih kental dan dapat membentuk gel (SMITH, 1958; CIRCLE dan SMITH, 1972).

TAN (1958) menyatakan bahwa perbandingan yang tinggi antara berat kedelai dengan air akan menghasilkan rendemen protein yang lebih besar. SMITH (1958) dan CIRCLE (1951) menyatakan bahwa perbandingan berat antara bahan dengan air yang dipakai untuk pembuatan "protein isolates" dari bungkil kedelai yaitu 1 : 10 sampai 1 : 20. Dengan perbandingan tersebut maksimum kelarutan protein akan dicapai, apabila suhu kira-kira 80°C, sedang menurut SOEDARMO (1959) ekstraksi secara panas dengan air mendidih akan menghasilkan rendemen protein lebih besar dari 80 persen dan ekstraksi pada suhu kamar hanya menghasilkan rendemen protein kira-kira 40 - 42 persen. Pada pembuatan "protein isolates" dari kacang tanah oleh KHEE *et al.* (1972) diperoleh hasil bahwa perbandingan berat antara bahan dengan air yang optimal adalah 1 : 6, sedang pH optimal yaitu 8,0.

CIRCLE (1951) mengatakan, kedelai yang dipanaskan dalam air pada suhu $75 - 100^{\circ}\text{C}$ selama dua jam, akan menyebabkan denaturasi protein, yang dipercepat dengan naiknya suhu dan waktu pemanasan. Menurut KHEE *et al.* (1972) suhu dan waktu pemanasan yang optimal untuk mengekstraksi protein dari kacang tanah yaitu pada suhu $40 - 44^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit.

Protein dapat diendapkan dengan cara menghilangkan muatannya, lalu merubah pH sampai mencapai titik iso-elektrik. Menurut CIRCLE (1951) pada titik ini kelarutan protein akan mencapai tingkat yang paling rendah, yaitu kira-kira 8 persen (lihat Gambar 2). Menurut WOLF (1970) untuk protein kedelai, titik iso-elektriknya berkisar antara pH 4,0 - 5,0, sedang WOLF dan COWAN (1971) menyatakan bahwa titik iso-elektrik protein kedelai adalah pada pH 4,2 - 4,6, yaitu titik iso-elektrik globulin yang merupakan bagian protein terbesar dalam kedelai. Pada titik iso-elektrik ini terjadi pemisahan protein dengan cairan yang mengandung minyak dan "whey".

Menurut KHEE *et al.* (1972) pada titik iso-elektrik ini bentuk emulsi "oil in-water" akan dipecahkan. Dengan memanaskan larutan tersebut, yang dilanjutkan dengan pemusingan maka pemecahan bentuk emulsi dan pemisahan protein dengan minyak dan "whey" akan lebih

sempurna. Pada kacang tanah untuk menyempurnakan pemecahan bentuk emulsi serta pemisahan ketiga bagian tersebut dilakukan pemanasan pada suhu lebih kurang 60°C dalam penangas air selama 30 menit, sedang pada bungkil kedelai dilakukan pada suhu kurang dari 60°C (CIRCLE dan SMITH, 1972). Setelah pemusingan akan terdapat tiga bagian, yaitu padatan berupa protein yang mengendap, "whey" dan minyak yang terapung di atas "whey". Menurut SMITH (1958) "whey" mengandung enzim-enzim anti tripsin, lipoksidase, urease, enzim-enzim lain, gula, NPN, protease, albumin dan bahan-bahan yang larut lainnya. Pada titik iso-elektrik ini enzim-enzim yang terdapat pada kedelai seperti lipoksidase dan anti tripsin tidak aktif dan terpisah bersama-sama "whey".

CIRCLE (1951) serta CIRCLE dan SMITH (1972) menyatakan bahwa pengeringan protein antara lain dapat dilakukan dengan oven, "spray-drying" dan "vacuum oven" pada suhu rendah.

Menurut CIRCLE dan SMITH (1972) rendemen "protein isolates" yang diperoleh dari bungkil kedelai adalah kira-kira 42 persen apabila dibuat pada skala laboratorium dan kira-kira 30 persen apabila dibuat secara skala komersil, sedang menurut WOLF dan COWAN (1971) rendemen "protein isolates" yang diperoleh umumnya kurang dari 30 persen, apabila dibuat secara skala komersil.



pada "protein isolates" yang diperoleh dilakukan analisa gula pereduksi. Faktor lain yang diteliti dan diduga dapat mengurangi warna kuning yang terbentuk pada "protein isolates" adalah penggunaan bahan pemucat kimia dan pemilihan cara pengeringan. Adapun bahan kimia yang dipakai adalah NaHSO_3 sebanyak 200 p.p.m., sedangkan cara pengeringan yang dipakai adalah dengan menggunakan lempengan besi panas dimana padatan protein langsung dituangkan di atas besi tersebut, dan dengan menggunakan oven pada suhu $50 - 55^\circ\text{C}$ (WU dan BATES, 1972). Lama waktu pengeringan yang diperlukan pada suhu oven tersebut juga merupakan salah satu tujuan dari percobaan pendahuluan ini.

Disamping itu dilakukan analisa kimia terhadap kedelai varietas "Davros" yang meliputi kadar air, protein, lemak, abu, serat kasar dan karbohidrat.

C. PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES"

Adapun tahap-tahap pembuatan "protein isolates" dari kedelai pada penelitian ini adalah meliputi penggilingan kedelai, ekstraksi protein, pemisahan ampas, pengendapan protein, pemisahan protein, pencucian dan pengeringan.

1. Penggilingan Kedelai

Sebelum penggilingan dilakukan, kedelai dibersihkan dulu dari kotoran-kotoran seperti batu, pasir,

tangkai dan selanjutnya dijemur lebih kurang 6 jam diterik matahari. Kemudian bahan tersebut digiling menjadi tepung dengan alat "Wiley Mills" standard model No.3, dengan ukuran saringan 80 mesh, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik.

2. Ekstraksi Protein

Ekstraksi protein dikerjakan dengan melarutkan tepung kedelai di dalam air mendidih. Mula-mula tepung seberat 10 gram dimasukkan ke dalam gelas piala, kemudian dituangkan air mendidih sambil diaduk. Penambahan air dilakukan berdasarkan perbandingan berat antara tepung dengan air yaitu sebagai 1 : 5, 1 : 10, 1 : 15 dan 1 : 20, sedang pengadukan dilakukan dengan "magnetic stirrer". Selanjutnya ditambahkan larutan NaOH 0,5 N sampai pH mencapai masing-masing 8,9 dan 10, yang disertai dengan pengadukan yang konstan. Waktu yang dibutuhkan untuk ekstraksi adalah 30 menit sampai mencapai pH yang diinginkan, sedangkan penambahan larutan NaOH 0,5 N dilakukan setelah suhu mencapai 40 - 44°C.

3. Pemisahan Ampas

Ampas dipisahkan dari bagian yang karut dengan memusingkan larutan tersebut dengan alat sentrifusi ukuran 2 model K.n.3225 M, I.E.C., dengan kecepatan 3000 rpm. selama 15 menit. Selanjutnya bagian yang larut (filtrat)

dituang kembali dari tabung ke dalam gelas piala, sedang ampas dibuang.

4. Pengendapan Protein

Untuk memisahkan protein dari bahan-bahan lain, maka ke dalam filtrat ditambahkan larutan HCl 0,5 N sampai pH filtrat mencapai 4,2 - 4,6 sehingga protein mengendap. Kemudian ekstraksi dilanjutkan dengan memanaskannya di dalam penangas air. Pemanasan dilakukan dengan tiga macam suhu yaitu 25 - 30°, 50 - 55° dan 75 - 80°C, sedang lama pemanasan adalah 30, 60, 90 dan 120 menit. Pengadukan dilakukan sekali-sekali dengan menggunakan alat pengaduk yang terbuat dari kaca.

5. Pemisahan Protein, Pencucian dan Pengeringan

Setelah pemanasan selesai dikerjakan, maka untuk lebih menyempurnakan pemisahan padatan (durd) protein dengan media cairan dilakukan pemusingan dengan alat sentrifusi selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Bahan yang berupa cairan selanjutnya dibuang, sedangkan padatan protein dicuci 3 - 4 kali dengan air destilasi. Pengeringan padatan protein pada piringan Petri dilakukan dalam oven pada suhu 50 - 55°C selama lebih kurang 18 jam. Setelah kering bahan padatan yang berupa "protein isolates" tersebut ditimbang, lalu digerus dengan alat "mortir" dan terakhir dimasukkan dalam kantong plastik untuk dianalisa.

D. PENGAMATAN

Pengamatan yang dilakukan pada "protein isolates" adalah analisa kadar air, protein, lemak, abu dan rendemen protein. Analisa kadar air dilakukan untuk digunakan sebagai faktor konversi dari kadar protein, lemak dan abu "wet-basis" ke dalam "dry-basis".

1. Penetapan Kadar Air

Suatu kotak timbang logam yang telah dikeringkan pada suhu 105°C dalam oven dan didinginkan dalam eksikator ditimbang (a gram), kemudian dimasukkan contoh sebesar 1 - 1,5 gram (b gram). Selanjutnya dikeringkan dalam oven (suhu 105°C) selama 1 jam, didinginkan dan ditimbang. Dikeringkan lagi selama 1 jam didinginkan, lalu ditimbang. Hal ini dikerjakan beberapa kali sampai beratnya tetap (c gram).

Perhitungan :

$$\text{Kadar air} = \frac{(a + b) - c}{b} \times 100\%$$

2. Penetapan Kadar Lemak

Labu lemak yang berisi beberapa butir batu didih dikeringkan pada oven (suhu 105°C) selama 1 jam, lalu didinginkan dalam eksikator kemudian ditimbang. Sementara itu dibuat suatu selongsong yaitu kertas saring pembungkus yang berbentuk tabung silinder. Setelah



Perhitungan :

$$\text{Kadar abu} = \frac{c - a}{b} \times 100\%$$

$$\text{Kadar abu (dry-basis)} = \frac{100}{100 - k.\text{air}} \times \text{kadar abu}$$

4. Penetapan Kadar Protein (Semi-micro Kjeldahl)

Ditimbang contoh seberat 0,05 - 0,1 gram ke dalam labu Kjeldahl 100 ml, kemudian ditambahkan 2,5 ml H_2SO_4 pekat, 1 gram Na_2SO_4 dan katalisator CuSO_4 , lalu dipanaskan sampai larutan berwarna hijau jernih dan didinginkan. Selanjutnya ke dalam labu ditambahkan kira-kira 35 ml air destilasi, 5 gram butiran NaOH dan dihubungkan ke dalam labu Erlenmeyer melalui pipa kondenser. Dalam labu Erlenmeyer terdapat 25 ml HCl 0,02 N dan indikator merah metil. Labu dididihkan selama 5 - 10 menit lalu dititar dengan NaOH 0,02 N (b ml). Dilakukan juga blanko tanpa contoh (a ml).

Perhitungan :

$$\text{Kadar protein} = \frac{(a-b) \times N \text{ NaOH} \times 0,014 \times 6,25}{\text{gram contoh}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar protein (dry-basis)} = \frac{100}{100 - k.\text{air}} \times \text{kadar protein}$$

5. Rendemen Protein

Rendemen protein dihitung berdasarkan berat protein yang terdapat di dalam "protein isolates", diban-

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENELITIAN PENDAHULUAN

Pada penelitian pendahuluan, percobaan pembuatan "protein isolates" dimaksudkan untuk mencari cara pengadukan dan suhu air yang akan dipakai dalam proses ekstraksi selanjutnya.

Cara pengadukan larutan yang dipakai adalah dengan menggunakan "Waring Blendor" dan "magnetic stirrer". Hasil analisa lemak pada "protein isolates" yang diperoleh yaitu 18,42 persen untuk pengadukan memakai "Waring Blendor" dan 12,73 persen dengan pengadukan memakai "magnetic stirrer". Air yang dipakai untuk ekstraksi adalah air destilasi pada suhu kamar (25 - 30°C). Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan pendapat KHEE et al. (1972) yang menyatakan bahwa pengadukan tepung dalam air dengan menggunakan "magnetic stirrer" akan memberikan rendemen "protein isolates" yang lebih baik, dibandingkan dengan penggilingan dan pengadukan tepung di dalam "Waring Blendor". Hal ini disebabkan terbentuknya emulsi yang lebih stabil dan lebih sulit dipecahkan pada pengadukan larutan di dalam "Waring Blendor" dibandingkan dengan pengadukan memakai "magnetic stirrer".

Ekstraksi tepung kedelai secara panas dengan air mendidih yang disertai dengan pengadukan memakai "magnetic stirrer" memberikan kadar lemak sebesar 4,63 persen

pada "protein isolates" yang diperoleh. Hal ini sesuai dengan pendapat beberapa ahli yang menyatakan bahwa ekstraksi protein dalam air di atas suhu 80°C atau pada suhu air mendidih akan memberikan rendemen protein yang lebih besar daripada ekstraksi dengan menggunakan air pada suhu kamar (SMITH, 1958 dan SOEDARMO, 1959). Oleh karena itu di dalam penelitian selanjutnya dipakai air pada suhu mendidih, sedang pengadukan dilakukan dengan "magnetic stirrer".

Untuk mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan warna kuning pada "protein isolates", maka pada "protein isolates" yang diperoleh dilakukan analisa gula pereduksi. Hasil analisa gula pereduksi pada "protein isolates" yang diperoleh adalah 0,13 - 0,16 persen dengan kadar air 7 - 9 persen, yang sesuai dengan pendapat CIRCLE dan SMITH (1972) yang menyatakan bahwa "protein isolates" mengandung gula walaupun dalam jumlah yang sangat kecil. Warna putih kekuning-kuningan kemungkinan juga disebabkan oleh adanya reaksi antara gula dengan protein.

Faktor lain yang diteliti dan diduga dapat mengurangi warna kuning yang terbentuk pada "protein isolates" adalah penggunaan bahan pemucat kimia dan pemilihan cara pengeringan. Adapun bahan kimia yang dipakai adalah NaHSO_3 sebanyak 200 p.p.m., sedangkan cara pengeringan yang dipakai disesuaikan dengan keadaan peralatan

yang terdapat pada laboratorium, yaitu dengan menggunakan lempengan besi panas, dimana padatan protein langsung dituangkan di atas besi tersebut dan dengan menggunakan oven pada suhu $50 - 55^{\circ}\text{C}$. Hasil pemakaian NaHSO_3 sebanyak 200 p.p.m. tidak memberikan warna yang berbeda dengan warna "protein isolates" tanpa penambahan NaHSO_3 , sedang cara pengeringan dengan menuangkan protein langsung pada lempengan besi panas juga memberikan warna lebih gelap pada "protein isolates" dibandingkan dengan pengeringan memakai oven pada suhu $50 - 55^{\circ}\text{C}$. Lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan padatan protein dalam oven ($50 - 55^{\circ}\text{C}$) sampai "protein isolates" kering ialah lebih kurang 18 jam.

Hasil analisa kimia terhadap kedelai varietas "Davros" adalah 16,50 persen air, 4,74 persen abu, 18,50 persen lemak, 36,40 persen protein, 4,93 persen serat kasar dan 18,90 persen karbohidrat.

B. PEMBUATAN "PROTEIN ISOLATES"

"Protein isolates" yang diperoleh dalam penelitian ini mempunyai warna putih kekuning-kuningan dan tidak berbau.

Pengamatan yang dilakukan terhadap "protein isolates" meliputi analisa kadar air, abu, lemak, protein dan rendemen protein. Hasil analisa rata-rata dari keempat faktor yang diamati tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1.

1. Kadar Lemak

Kadar lemak tinggi akan dapat mengganggu stabilitas "protein isolates", karena pengaruh oksidasi. Dengan demikian sasaran yang ingin dicapai ialah suatu bentuk "protein isolates" dengan kadar lemak yang rendah, tanpa mengadakan proses ekstraksi dengan pelarut organik.

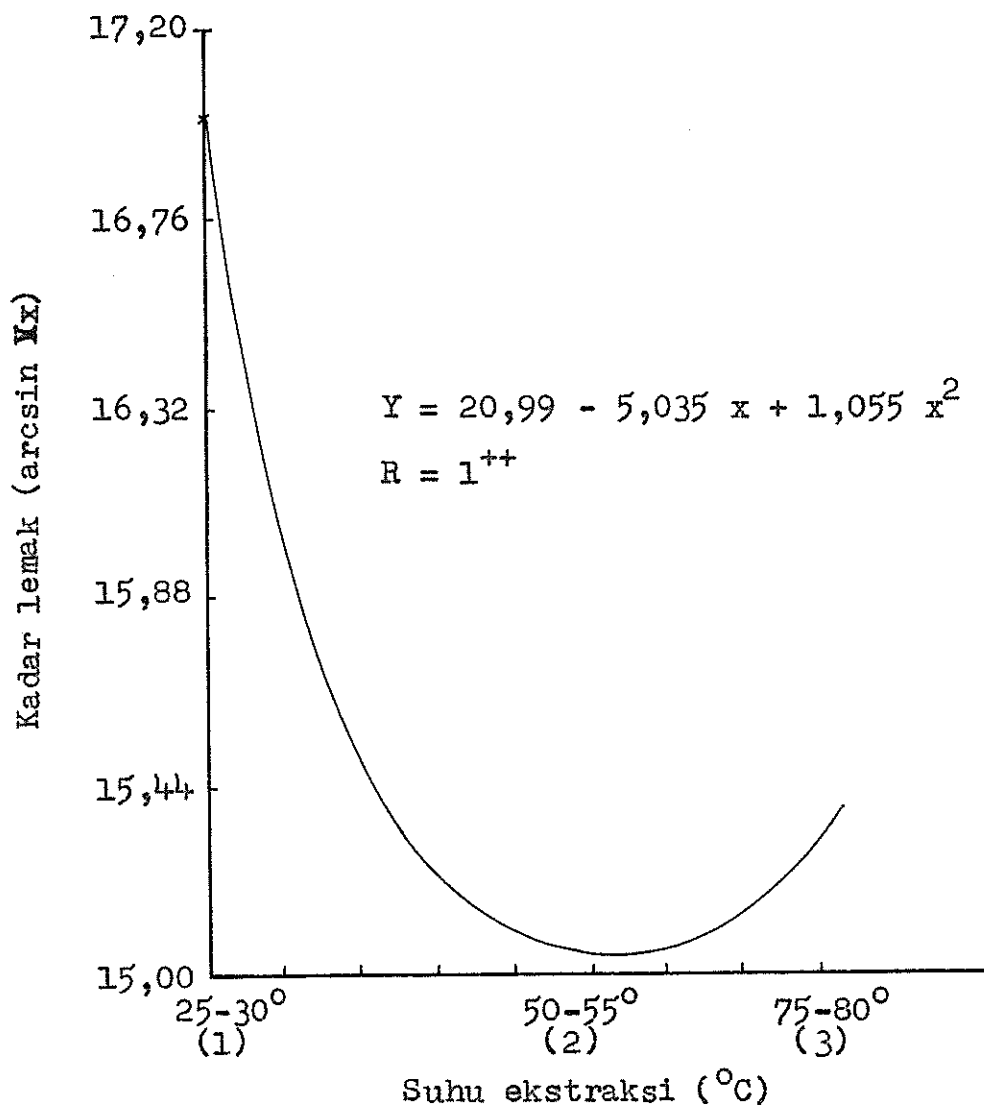
Hasil analisa secara statistik yang dapat dilihat pada Lampiran 2 menunjukkan bahwa keempat macam perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu, lama pemanasan dan pH mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar lemak dari "protein isolates" pada taraf HSD 1 persen. Demikian pula interaksi antara ketiga faktor yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan lama pemanasan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar lemak "protein isolates" pada taraf HSD 1 persen.

Grafik yang menyatakan hubungan antara kadar lemak dengan suhu dan pH dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa grafik kadar lemak dari "protein isolates" menunjukkan garis yang menurun, apabila larutan dipanaskan (setelah protein diendapkan dengan larutan HCl 0,5 N) dan kadar lemak



mencapai tingkat yang terendah pada suhu 56 - 62,5°C, tetapi pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi (lebih besar dari 62,5°C) menyebabkan kenaikan kembali dari kadar lemak seperti yang ditunjukkan pada garis grafik tersebut.



Gambar 4. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar lemak dengan suhu ekstraksi.

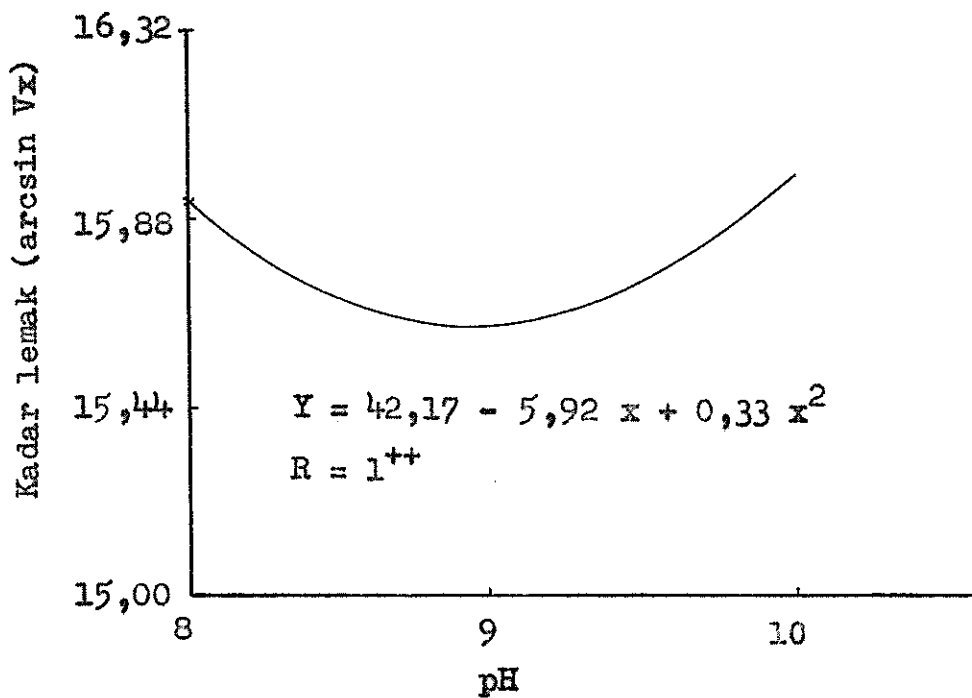
Ekstraksi tanpa pemanasan, yaitu pada suhu kamar belum memecahkan secara sempurna bentuk emulsi atau ikatan-ikatan kompleks lainnya, sehingga partikel-partikel seperti mineral, lemak, akan turut bersemasa dengan protein, baik ketika protein diendapkan, maupun setelah larutan disentrifusi.

Pemanasan dimaksudkan untuk membantu mempermudah pemecahan bentuk emulsi atau ikatan kompleks lainnya, sehingga bahan-bahan seperti partikel-partikel mineral dan lemak lebih terpisah satu sama lain, berdispersi atau mengadakan ikatan kompleks baru dalam larutan dan tidak turut mengendap setelah larutan disentrifusi. Hal ini mengakibatkan rendahnya kadar lemak atau kadar bahan lainnya dalam "protein isolates". Akan tetapi pemanasan yang tinggi ($75 - 80^{\circ}\text{C}$) akan menyebabkan aliran konveksi dari partikel-partikel seperti protein, lemak dan mineral yang akan membentuk senyawa-senyawa kompleks baru yang akan mengendap setelah larutan disentrifusi. Turutnya ikatan kompleks baru dalam endapan protein ini menyebabkan bertambahnya kadar lemak, mineral atau bahan lainnya dalam "protein isolates".

Mengenai hubungan antara kadar lemak dengan pH larutan dapat dilihat pada Gambar 5. Dari grafik Gambar 5 ini terlihat adanya penurunan kadar lemak dari



"protein isolates", apabila pH ditingkatkan dari 8,0 sampai 9,0.



Gambar 5. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar lemak dengan pH larutan.

Hal ini sesuai dengan pendapat beberapa ahli yang menyatakan bahwa kenaikan pH akan mempermudah proses dispersi protein dalam larutan, sehingga lebih banyak lagi protein yang larut (TAN, 1958; CIRCLE, 1951 dan WOLF, 1970). Ini berarti kenaikan pH akan mempermudah pemisahan partikel-partikel protein dengan partikel-partikel lainnya seperti lemak dan mineral, sehingga "protein isolates" yang dibuat

dengan pH yang tinggi akan menghasilkan kadar lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan "protein isolates" yang dibuat dengan pH yang rendah. Akan tetapi kenaikan pH yang lebih tinggi (pH 10,0) akan membuat larutan menjadi lebih kental (SMITH, 1958; CIRCLE dan SMITH, 1972), sehingga lebih mempermudah hubungan atau ikatan antara partikel-partikel protein dengan partikel-partikel lainnya dalam larutan, yang mungkin akan membentuk senyawa atau ikatan kompleks baru yang turut bersama-sama protein, baik sewaktu protein diendapkan, maupun setelah larutan disentrifusi. Proses inilah yang mungkin menyebabkan "protein isolates" yang dibuat dengan pH yang lebih tinggi (pH 10,0) akan kembali mempunyai kadar lemak yang tinggi.

Perbedaan kadar lemak dari "protein isolates" yang disebabkan oleh perbandingan berat antara bahan dengan air tidak menunjukkan pola perubahan yang tetap. Demikian pula lama pemanasan tidak selalu menunjukkan pola perubahan yang tetap terhadap kadar lemak "protein isolates".

Mengenai hasil perhitungan secara statistik dari interaksi ketiga faktor perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan lama pemanasan dengan kadar lemak dari "protein isolates" dapat dilihat pada Lampiran 3. Dari Lampiran 3 tersebut terlihat bahwa kadar lemak dari "protein isolates" yang

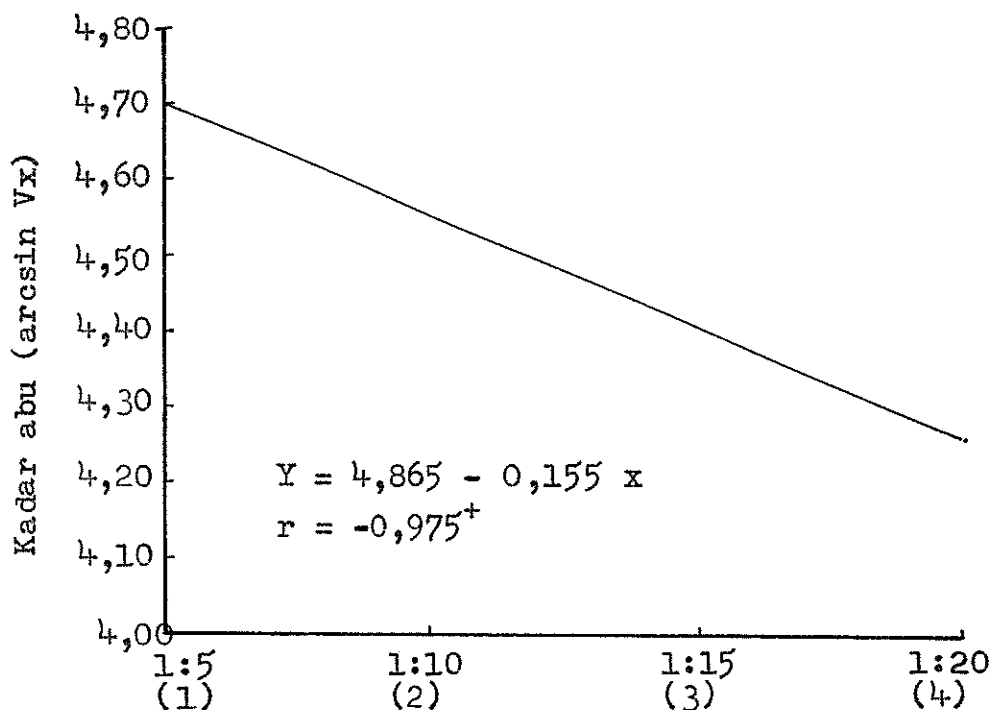


teknik, sanitasi yang digunakan dan kesadahan air yang dipakai.

Dari Lampiran 1 terlihat bahwa kadar abu berada diantara 0,45 - 0,88 persen. Angka-angka ini berada di bawah hasil angka-angka kadar abu "protein isolates" yang diperoleh oleh peneliti-peneliti sebelumnya, baik yang dibuat secara skala laboratorium maupun skala komersil yaitu berkisar antara 1,20 - 2,50 persen dengan kadar air 5,00 - 10,30 persen (CIRCLE dan SMITH, 1972). Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan pemakaian air dalam pembuatan "protein isolates". Dalam penelitian ini air yang dipakai untuk membuat dan mencuci "protein isolates" adalah air destilasi, sedang pembuatan "protein isolates" peneliti sebelumnya mungkin memakai air biasa.

Hasil analisa secara statistik menunjukkan bahwa faktor perlakuan perbandingan berat antara bahan dengan air dan suhu mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar abu dari "protein isolates" pada taraf HSD 1 persen. Hal ini dapat dilihat pada Lampiran 4.

Grafik yang menyatakan hubungan antara kadar abu "protein isolates" dengan faktor perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air dapat dilihat pada Gambar 6.

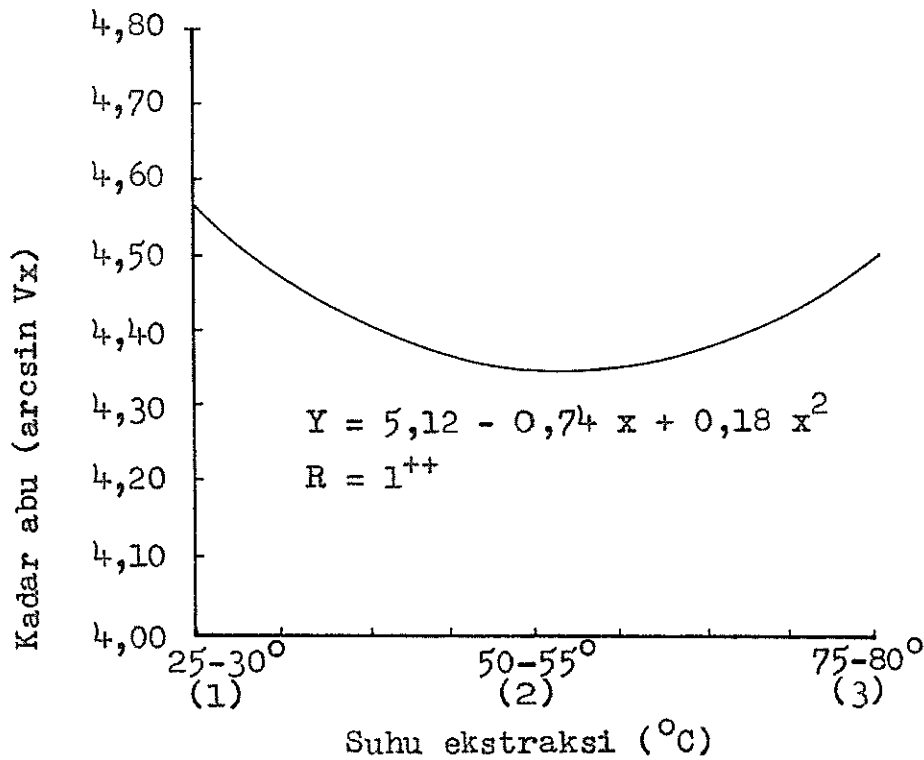


Gambar 6. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar abu dengan perbandingan berat antara bahan dengan air.

Dari gambar grafik di atas terlihat bahwa kadar abu yang terbesar terdapat pada perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 5, sedang perbandingan berat antara bahan dengan air yang lebih besar akan menyebabkan turunnya kadar abu dari "protein isolates".

Mengenai hubungan antara kadar abu "protein isolates" dengan suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 7.

Dari Gambar 7 terlihat bahwa grafik kadar abu "protein isolates" menunjukkan garis yang menurun,



Gambar 7. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar abu dengan suhu ekstraksi.

apabila larutan dipanaskan (setelah protein diendapkan dengan larutan HCl 0,5 N) sampai suhu 50 - 55°C. Pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan kenaikan kembali kadar abu seperti yang terlihat pada grafik tersebut.

3. Kadar Protein

Dari nilai rata-rata kadar protein yang dapat dilihat pada Lampiran 1, terlihat bahwa pada kelompok-

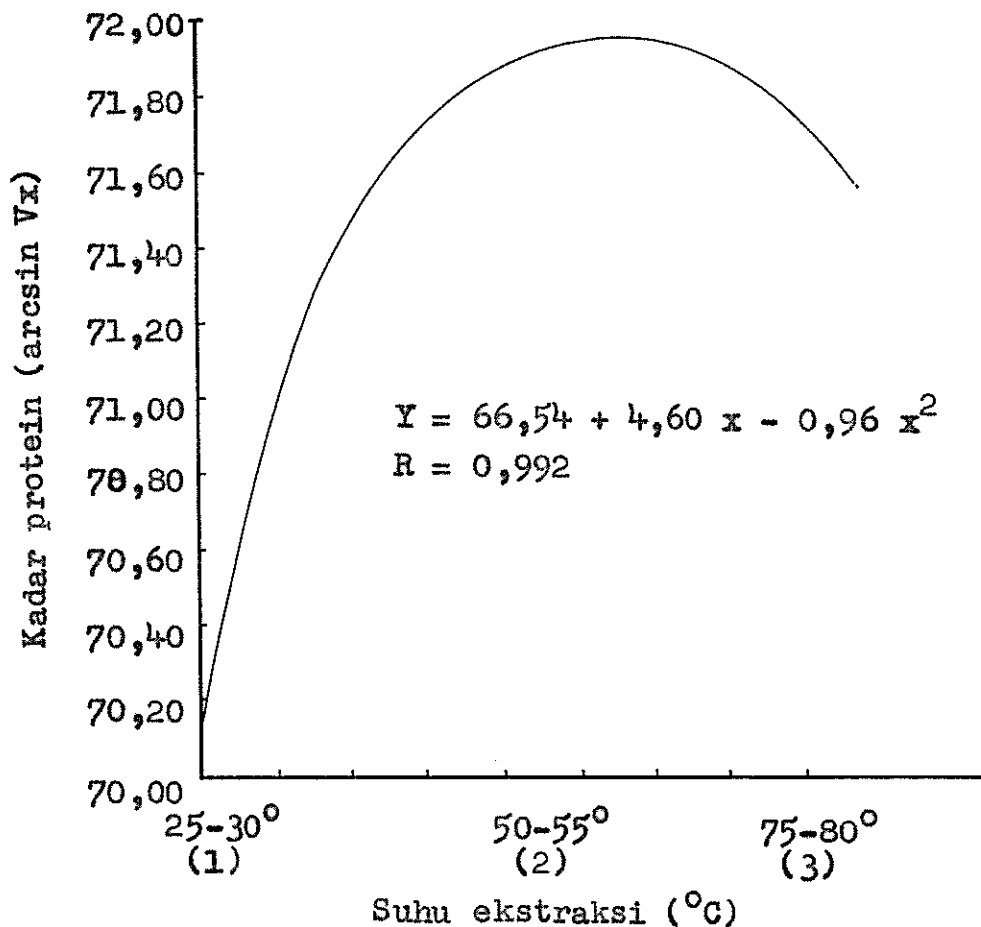
kelompok perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 10 atau lebih besar yang disertai dengan pemanasan akan memberikan kadar protein lebih besar dari 90 persen, sedang perbandingan berat antara bahan dengan air yang lebih kecil dari 1 : 10 akan memberikan kadar protein yang lebih rendah dari 90 persen. Kadar protein yang terbesar yaitu masing-masing 93,15 persen, 93,02 persen dan 93,00 persen terdapat pada perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 10 dan suhu pemanasan 50 - 55°C ($A_2B_2C_2D_1$, $A_2B_2C_2D_2$ dan $A_2B_2C_3D_2$), sedang pada perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 5 tanpa pemanasan ($A_1B_1C_1D_1$ dan $A_1B_1C_3D_2$) memberikan kadar protein yang terendah yaitu 82,91 persen dan 83,05 persen. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan pendapat WOLF (1970) dan WOLF (1972b) yang menyatakan bahwa perbandingan berat antara bahan dengan air yang cukup baik untuk mengekstrak protein kedelai dalam pembuatan "protein isolates" adalah perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 10 atau lebih, yaitu menghasilkan kadar protein kira-kira 95 persen.

Hasil analisa secara statistik menunjukkan bahwa keempat macam perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu, lama pemanasan dan pH memberikan pengaruh yang sangat nyata pada kadar



protein dari "protein isolates" pada taraf HSD 1 persen. Demikian pula interaksi antara ketiga faktor perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan lama pemanasan memberikan pengaruh yang sangat nyata pada kadar protein pada taraf HSD 1 persen. Hal ini dapat dilihat pada Lampiran 5.

Grafik yang menyatakan hubungan antara kadar protein dari "protein isolates" dengan suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 8.



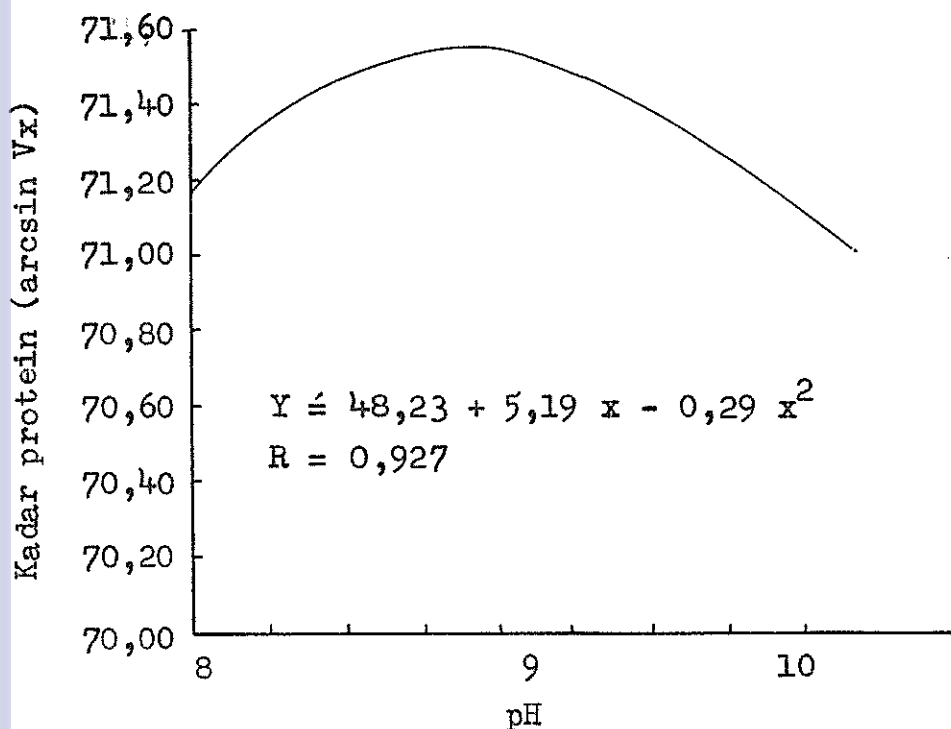
Gambar 8. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar protein dengan suhu ekstraksi.

Dari Gambar 8 terlihat bahwa pemanasan sampai 50 - 55°C akan menyebabkan kenaikan pada kadar protein dari "protein isolates". Pemanasan dengan suhu yang lebih tinggi (75 - 80°C) tidak akan membuat kadar protein menjadi lebih besar. Ekstraksi dengan pemanasan membantu mempermudah pemecahan bentuk emulsi atau ikatan kompleks lainnya yang turut bersama-sama dengan protein (setelah protein diendapkan). Dengan demikian partikel-partikel bahan seperti mineral dan lemak yang mempunyai ikatan dengan protein lebih mudah terpisah satu sama lain, berdispersi atau membentuk ikatan kompleks baru dalam larutan dimana partikel-partikel bahan tersebut tidak turut mengendap setelah larutan disentrifusi. Keadaan itu mengakibatkan kadar protein dari "protein isolates" yang diperoleh menjadi lebih besar daripada ekstraksi tanpa pemanasan. Ekstraksi dengan pemanasan pada suhu yang lebih tinggi (75 - 80°C) akan menyebabkan terjadinya aliran konveksi yang lebih besar dari partikel-partikel protein, mineral dan lemak di dalam larutan. Disamping itu dengan suhu yang lebih tinggi larutan menjadi lebih kental, sehingga lebih mempermudah terjadinya hubungan atau ikatan kompleks baru antara masing-masing partikel bahan seperti mineral, lemak dan protein dalam larutan yang akan turut



mengendap setelah larutan disentrifusi. Semua ini menyebabkan kadar protein menjadi lebih rendah. Dari grafik terlihat juga bahwa kadar protein yang terbesar dicapai apabila suhu ekstraksi mencapai sekitar $56 - 62,5^{\circ}\text{C}$. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan pendapat CIRCLE dan SMITH (1972) yang menyatakan bahwa pemanasan dalam penangas air pada pembuatan "protein isolates" dari bungkil kedelai dilakukan pada suhu kurang dari 60°C .

Grafik yang menggambarkan hubungan antara kadar protein dengan pH larutan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan antara arcsin Vx kadar protein dengan pH larutan.

Dari grafik Gambar 9 terlihat kenaikan dari kadar protein, apabila pH ditingkatkan sampai mencapai 9,0, sedang peningkatan pH yang lebih tinggi (pH 10) akan menyebabkan penurunan dari kadar protein. Peningkatan pH akan membuat protein lebih mudah berdispersi dalam larutan yang berarti lebih banyak protein yang dapat diekstrak dibandingkan dengan pH yang lebih rendah (TAN, 1958; WOLF, 1970 dan WOLF, 1972a). Dengan begitu kadar protein dari "protein isolates" yang diperoleh juga lebih besar. Di samping itu ekstraksi dengan pH yang tinggi akan mempermudah pemisahan partikel protein dengan partikel-partikel bahan lainnya, sehingga kadar protein yang diperoleh akan lebih besar dibandingkan yang diperoleh dengan ekstraksi pada pH lebih rendah. Akan tetapi kenaikan pH yang lebih tinggi (pH 10,0) akan membuat larutan menjadi lebih kental, sehingga lebih mempermudah hubungan atau ikatan antara partikel protein dengan partikel-partikel lainnya dalam larutan, yang mungkin membentuk ikatan kompleks baru yang turut bersama-sama protein, baik ketika protein diendapkan, maupun setelah larutan disentrifusi, yang menyebabkan kadar protein akan turun lagi pada "protein isolates" yang diperoleh (SMITH, 1958; CIRCLE dan SMITH, 1972). Di samping itu ekstraksi yang melebihi pH 9,0 akan



$A_2B_2C_4$ dan $A_2B_2C_3$), sedangkan kadar protein terendah yaitu sebesar 83,50 persen dan 83,70 persen terdapat pada kelompok perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 5 tanpa disertai pemanasan ($A_1B_1C_2$, $A_1B_1C_3$ dan $A_1B_1C_1$).

4. Rendemen Protein

Pembuatan "protein isolates" dari kedelai ditujukan pada pemanfaatan maksimal dari semua protein yang berasal dari biji kacang kedelai. Dengan demikian pemilihan kombinasi perlakuan yang terbaik akan jatuh pada proses yang menghasilkan rendemen protein tertinggi.

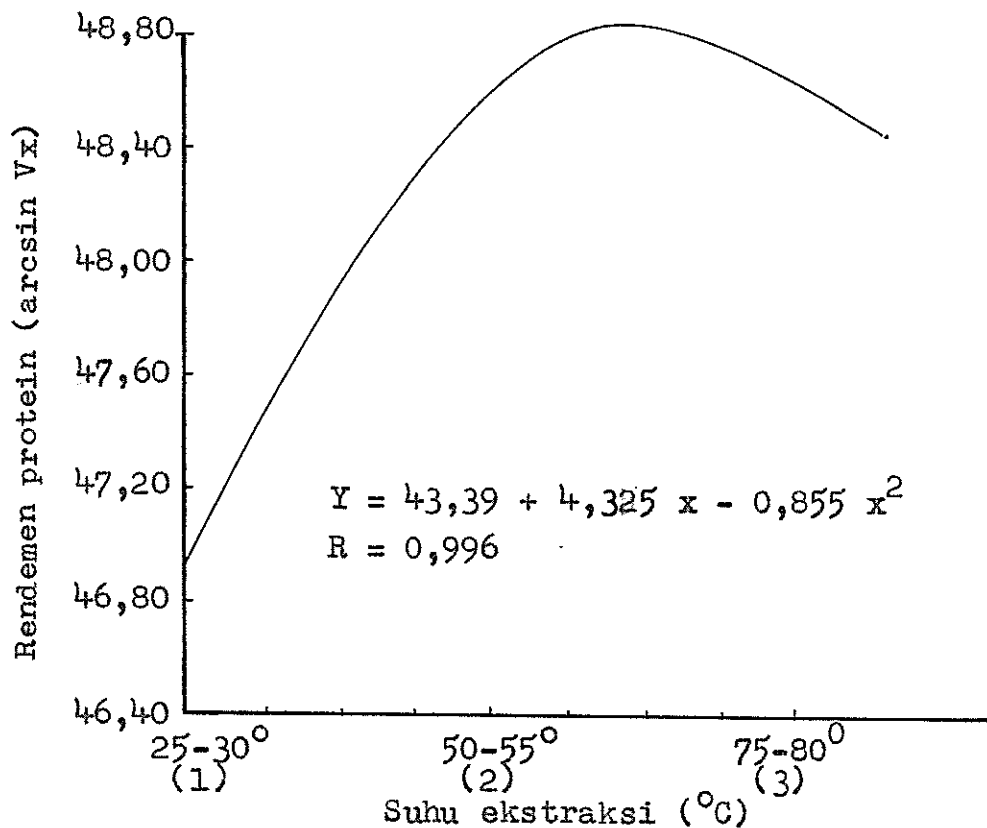
Rendemen protein dihitung berdasarkan berat protein yang terdapat dalam "protein isolates" dibandingkan dengan berat protein yang terdapat dalam sejumlah kedelai yang menghasilkan "protein isolates" tersebut. Berat protein dihitung dengan terlebih dahulu menentukan kadar protein.

Hasil analisa secara statistik yang dapat dilihat pada Lampiran 7, menunjukkan bahwa faktor-faktor perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu, lama pemanasan dan pH mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap rendemen protein pada taraf HSD 1 persen. Demikian pula interaksi



antara ketiga faktor perlakuan yaitu perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan lama pemanasan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap rendemen protein pada taraf HSD 1 persen. Interaksi antara ketiga faktor perlakuan lain yang menunjukkan pengaruh yang sangat nyata terhadap rendemen protein adalah perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan pH.

Grafik yang menggambarkan hubungan antara rendemen protein dengan suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik hubungan antara arcsin Vx rendemen protein dengan suhu ekstraksi.

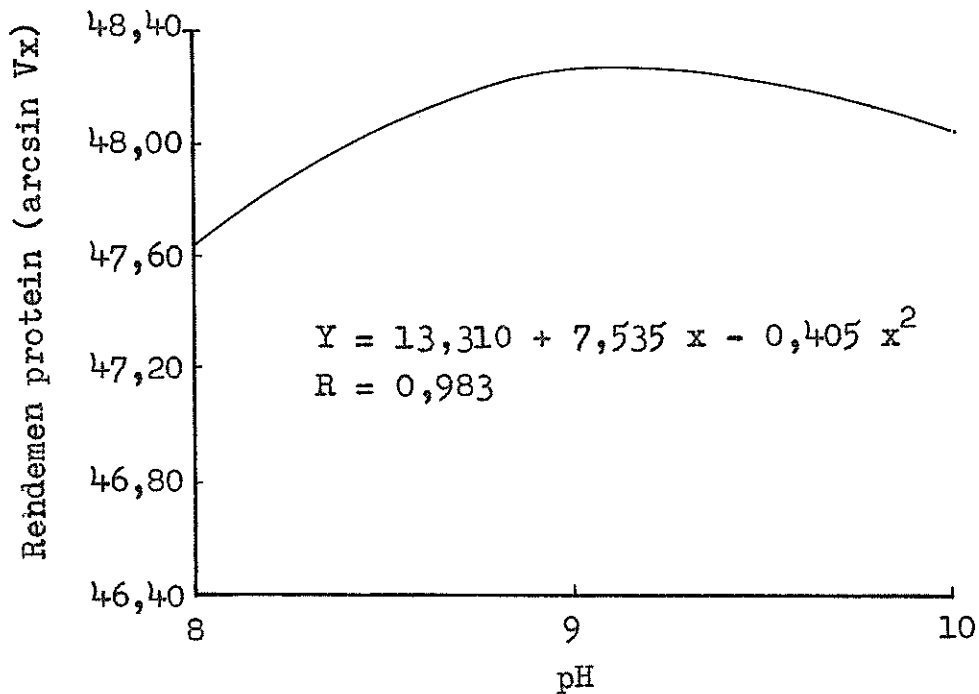
Dari grafik Gambar 10 terlihat bahwa dengan pemanasan rendemen protein akan meningkat. Makin tinggi suhu pemanasan makin banyak rendemen protein yang diperoleh dan akan mencapai tingkat maksimal pada suhu sekitar $56 - 62,5^{\circ}\text{C}$. Suhu yang lebih tinggi lagi tidak memberikan perbedaan yang nyata.

Mengenai hasil analisa secara statistik dari interaksi antara rendemen protein dengan perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan lama pemanasan dapat dilihat pada Lampiran 8. Dari Lampiran 8 tersebut terlihat bahwa kelompok perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air yang lebih besar dari 1 : 10 yang disertai pemanasan pada suhu $50 - 55^{\circ}\text{C}$ menghasilkan rendemen protein yang terbesar. Kelompok perlakuan tersebut adalah $A_4B_2C_3$, $A_3B_2C_2$ dan $A_3B_2C_3$ dengan rendemen protein masing-masing 58,60 persen, 58,60 persen dan 58,40 persen. Rendemen protein terendah terdapat pada kelompok perlakuan $A_2B_1C_2$ (51,10 persen), $A_1B_1C_1$ (51,15 persen) dan $A_2B_1C_1$ (51,20 persen) yaitu perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 5 sampai 1 : 10 pada suhu $25 - 30^{\circ}\text{C}$. Hal ini sesuai dengan pendapat TAN (1958) yang menyatakan bahwa perbandingan yang tinggi antara berat bahan dengan air akan menghasilkan rendemen protein yang lebih besar dari



pada perbandingan berat antara bahan dengan air yang rendah.

Grafik yang menyatakan hubungan antara rendemen protein dengan pH larutan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik hubungan antara arcsin Vx rendemen protein dengan pH larutan.

Dari Gambar 11 terlihat bahwa kenaikan pH akan memberikan kenaikan pula pada rendemen protein. Pada pH yang lebih tinggi (pH 10,0) tidak memberikan kenaikan pada rendemen protein.

Mengenai interaksi antara rendemen protein dengan perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan pH larutan dapat dilihat pada Lampiran 9.

suhu 25 - 30°C selama 30 menit dengan pH 8,0
($A_1B_1C_1D_1$).

Hasil pengamatan dari beberapa analisa kimia terhadap "protein isolates" yaitu kadar lemak, abu, protein dan rendemen protein telah dibahas di atas. Berdasarkan hasil pengamatan dari analisa tersebut dilakukan seleksi untuk memperoleh suatu kombinasi perlakuan yang maksimal, di mana "protein isolates" yang diinginkan mempunyai kadar lemak yang rendah, kadar serta rendemen protein yang tinggi. Hal ini disesuaikan dengan syarat-syarat dari "protein isolates" yaitu mempunyai kadar protein yang besarnya kira-kira 90 persen atau lebih serta bahan yang bukan protein sebesar kurang dari 10 persen (WOLF, 1970 dan WOLF, 1972a). Di samping itu dari histogram Gambar 1 terlihat bahwa rendemen protein dari "protein isolates" yang dibuat dari kedelai besarnya kira-kira 50 persen. Dari Lampiran 1 dapat dilihat bahwa kombinasi perlakuan yang mempunyai kadar lemak terendah adalah $A_2B_2C_3D_1$ (4,35 persen) dan $A_2B_2C_3D_2$ (4,36 persen) dengan kadar protein masing-masing sebesar 92,69 persen dan 93,00 persen, kadar abu sebesar 0,65 persen dan 0,60 persen serta rendemen protein sebesar 56,60 persen dan 57,69 persen. Kombinasi perlakuan yang mempunyai kadar protein terbesar adalah $A_2B_2C_2D_1$ (93,15 persen), $A_2B_2C_2D_2$ (93,02 persen) dan $A_2B_2C_3D_2$ (93,00 persen), di mana masing-masing mempunyai kadar lemak sebesar 4,69 persen,

4,49 persen dan 4,36 persen, kadar abu sebesar 0,49 persen, 0,59 persen dan 0,60 persen serta rendemen protein sebesar 55,77 persen, 56,32 persen dan 57,69 persen. Kombinasi perlakuan yang mempunyai rendemen protein terbesar (59,07 persen) adalah $A_3B_2C_2D_2$ dan $A_3B_2C_3D_2$ dengan kadar lemak masing-masing 4,63 persen dan 4,76 persen, kadar protein sebesar 92,83 persen dan 92,85 persen serta kadar abu 0,55 persen dan 0,54 persen.

Dari hasil yang diperoleh tersebut dan disesuaikan dengan syarat-syarat "protein isolates" maka dapat dicari kombinasi perlakuan yang terbaik. Kombinasi perlakuan tersebut adalah $A_2B_2C_3D_2$ yaitu perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 20, suhu 50 - 55°C, lama pemanasan 90 menit dengan pH mencapai 9,0. Perlakuan ini mempunyai kadar lemak sebesar 4,36 persen, kadar abu 0,60 persen, kadar protein 93,00 persen dan rendemen protein 57,69 persen. Hasil lain yang masih dianggap cukup baik adalah kombinasi perlakuan $A_3B_2C_2D_2$ yang mempunyai kadar lemak sebesar 4,63 persen, kadar abu 0,55 persen, kadar protein 92,83 persen dan rendemen protein 59,07 persen. Perlakuan $A_3B_2C_2D_2$ tersebut adalah perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 15, suhu 50 - 55°C, lama pemanasan 60 menit dan pH 9,0.

Dari hasil analisa kombinasi perlakuan yang terbaik ini ($A_2B_2C_3D_2$ dan $A_3B_2C_2D_2$) terlihat bahwa syarat-syarat

sebagai "protein isolates" sudah dapat dipenuhi, walaupun masih mempunyai kadar lemak sebesar 4,36 persen dan 4,63 persen. Menurut WOLF (1970) kadar lemak dari "protein isolates" yang diperdagangkan umumnya berada di bawah 0,1 persen. Masih terdapatnya kadar lemak pada "protein isolates" dalam penelitian ini mungkin disebabkan terdapatnya lecithin dalam lemak kedelai, yang merupakan pengemulsi yang sangat stabil, sehingga sulit untuk dipecahkan. Umumnya untuk membuat "protein isolates" dari kedelai dipakai bahan berupa tepung atau bungkil yang sudah dipisahkan lemaknya, sehingga tidak terdapat lagi atau hanya sedikit lemak yang masih tinggal dalam bungkil tersebut, sedang dalam penelitian ini bahan yang dipakai untuk membuat "protein isolates" adalah tepung yang diperoleh dari kedelai utuh, dimana lemaknya masih tetap utuh. Kemungkinan lain ialah adanya ikatan kompleks antara protein dan lemak yang sukar dipecahkan secara total, kecuali apabila digunakan proses ekstraksi dengan "solvent" seperti iso-propanol.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian tentang pembuatan "protein isolates" dari kedelai utuh beserta pengamatan dari beberapa analisa kimia dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Pembuatan "protein isolates" kedelai dengan suatu cara pengolahan baru dari bahan berupa tepung, berasal dari kedelai utuh, dapat dilakukan dengan memperoleh hasil berupa "protein isolates" yang menghasilkan rendemen protein yang sama atau lebih besar dibandingkan dengan pengolahan yang biasanya dilakukan dari bahan berupa tepung atau bungkil kedelai yang minyaknya telah dipisahkan. "Protein isolates" yang diperoleh sebelum dikeringkan berwarna putih dan tidak berbau, sedangkan "protein isolates" yang telah dikeringkan mempunyai warna putih kekuning-kuningan.
2. Pengaruh dari perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu, lama pemanasan dan pH larutan menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap kadar lemak, protein dan rendemen protein dari "protein isolates". Suhu ekstraksi yang lebih tinggi dari pada suhu kamar (25 - 30°C) menyebabkan penurunan kadar lemak "protein isolates" dan sebaliknya meningkatkan kadar dan rendemen protein dari "protein isolates". Suhu 56 - 62,5°C adalah suhu maksimal dimana kadar lemak mencapai tingkat

terendah sedangkan kadar dan rendemen protein mencapai tingkat yang terbesar. Suhu ekstraksi yang lebih tinggi lagi (lebih tinggi dari $62,5^{\circ}\text{C}$) tidak memberikan hasil yang lebih baik terhadap kadar lemak, protein dan rendemen protein. Ekstraksi larutan dengan pH yang tinggi (pH 9,0) menyebabkan turunnya kadar lemak dan naiknya kadar serta rendemen protein dari "protein isolates". Hal ini disebabkan dengan pH yang tinggi (9,0) protein yang terdispersi dalam larutan akan lebih besar yang berarti mempermudah pemisahan antara partikel-partikel protein, lemak dan mineral. Dengan demikian kadar dan rendemen protein yang diperoleh menjadi lebih besar, sedangkan kadar lemak menjadi lebih rendah. Ekstraksi dengan pH yang lebih tinggi (10,0) tidak memberikan hasil yang lebih rendah pada kadar lemak. Demikian pula ekstraksi pada pH 10,0 tidak akan memberikan kenaikan yang lebih besar pada kadar dan rendemen protein dari "protein isolates".

3. Interaksi yang mempunyai pengaruh yang sangat nyata terhadap kadar lemak, protein dan rendemen protein ialah kombinasi perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air, suhu dan lama pemanasan. Kombinasi perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 10 dengan suhu $50 - 55^{\circ}\text{C}$ dan lama pemanasan 60 - 90 menit menghasilkan kadar lemak terendah (4,6 persen),



sedangkan kadar protein terbesar (92,6 - 93,0 persen). Kombinasi perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 15 atau 1 : 20 dengan suhu 50 - 55°C dan lama pemanasan 60 - 90 menit menghasilkan rendemen protein yang terbesar yaitu 58,6 persen. Hal ini berarti dengan perbandingan berat antara bahan dengan air yang besar, partikel-partikel protein atau bahan-bahan lain akan lebih mudah berdispersi satu sama lain dalam larutan, sehingga mempermudah pemisahan dari bahan-bahan tersebut, baik ketika protein diendapkan, maupun ketika larutan disentrifusi. Pemanasan pada suhu 50 - 55°C mempermudah pemecahan bentuk emulsi atau ikatan kompleks lainnya yang turut bersama-sama dengan protein (setelah protein diendapkan), dimana partikel-partikel bahan seperti protein, lemak dan mineral lebih mudah dipisahkan satu sama lain. Dengan demikian "protein isolates" yang diperoleh mempunyai kadar lemak yang rendah dan kadar serta rendemen protein yang besar.

4. Dari seluruh perlakuan yang dilakukan dalam penelitian ini dicari kombinasi perlakuan yang cukup baik yang mempunyai kadar lemak rendah dan kadar serta rendemen protein yang besar. Kombinasi perlakuan tersebut adalah $A_2B_2C_3D_2$ yaitu perlakuan dengan perbandingan antara bahan dengan air 1 : 10, suhu 50 - 55°C, lama pemanasan 90 menit dan pH 9,0, dimana kadar lemaknya 4,36 persen,

kadar protein 93,00 persen, kadar abu 0,60 persen dan rendemen protein 57,69 persen. Adapun kombinasi perlakuan lain yang masih dianggap cukup baik adalah $A_3B_2C_2D_2$ yaitu perlakuan dengan perbandingan berat antara bahan dengan air 1 : 15, suhu 50 - 55°C, lama pemanasan 60 menit dan pH 9,0 yang mempunyai kadar lemak 4,63 persen, kadar protein 92,83 persen, kadar abu 0,55 persen dan rendemen protein 59,07 persen. Hasil angka-angka kadar dan rendemen protein dari kombinasi perlakuan $A_2B_2C_3D_2$ dan $A_3B_2C_2D_2$ ini hampir bersamaan atau tidak jauh berbeda dengan syarat-syarat dari "protein isolates", yaitu mempunyai kadar protein lebih kurang 90 persen atau lebih dengan rendemen protein 50 persen atau lebih.

5. Kadar lemak terendah (4,36 persen) dari "protein isolates" yang diperoleh dari penelitian ini masih lebih besar daripada hasil kadar lemak "protein isolates" yang diperdagangkan, yaitu lebih rendah dari 0,1 persen (WOLF, 1970). Hal ini mungkin disebabkan perbedaan dalam pemakaian bahan untuk membuat "protein isolates". Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah tepung dari kedelai utuh, dimana lemaknya tidak berubah, sedangkan bahan yang dipakai untuk membuat "protein isolates" yang diperdagangkan adalah tepung atau bungkil kedelai yang sudah dipisahkan lemaknya.

6. Kadar abu pada "protein isolates" yang diperoleh (0,45 - 0,88 persen) berada di bawah angka kadar abu "protein isolates" dari penelitian sebelumnya. Hal ini mungkin disebabkan oleh perbedaan pemakaian air dalam pembuatan "protein isolates" tersebut.

Kesimpulan-kesimpulan di atas berlaku untuk penelitian pembuatan "protein isolates" dari tepung kedelai utuh di laboratorium dengan kondisi-kondisi tertentu tanpa memperhitungkan segi ekonominya, sedangkan untuk pengusaha secara komersil atau industri masih perlu dipertimbangkan faktor-faktor lain yang dapat dipelajari melalui penelitian skala "pilot plant". Faktor-faktor lain tersebut misalnya kemungkinan pembuatan "protein isolates" ditinjau dari segi peralatan atau segi ekonomi.

Di samping kedelai varietas "Davros" masih banyak varietas unggul lain yang belum diteliti, sehingga perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk memilih varietas mana yang sesuai untuk diolah menjadi "protein isolates".

Perlu diadakan pengujian dan penilaian sifat-sifat fisiko-kimia dari "protein isolates" yang diperoleh untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang diharapkan dari "protein isolates".

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian alat pengering lain di samping oven misalnya "spray-dryer" atau "vacuum oven", yang memungkinkan di-



persingkatnya waktu pengeringan. Demikian pula perlu diteliti suhu dan lama ekstraksi protein yang lain, di samping suhu 40 - 44°C dengan lama ekstraksi 30 menit. Hal lain yang perlu mendapat perhatian untuk diteliti adalah besarnya ukuran bahan yang dipakai untuk pembuatan "protein isolates". Dalam penelitian ini dipakai tepung yang digiling dengan alat "Wiley" yang mempunyai saringan berukuran 80 mesh.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANSON, M.L., 1958. Potential Uses of Isolated Oil Seed Protein in Foodstuffs. Di dalam A.M. ALTSCHUL (ed.). Processed Plant Protein Foodstuffs. Academic Press, Inc., Publishers, New-York.
2. CIRCLE, S.J., 1951. Protein and Other Nitrogenous Constituent. Di dalam K.S. MARKLEY (ed.). Soybeans and Soybean Products, 1. Interscience Publishers Inc., New-York.
3. CIRCLE, S.J. and JOHNSON, D.W., 1958. Edible Isolated Soybean Protein. Di dalam A.M. ALTSCHUL (ed.). Processed Plant Protein Foodstuffs. Academic Press, Inc., Publishers, New-York.
4. CIRCLE, S.J. and A.K. SMITH, 1972. Processing Soy Flours, Protein Concentrates and Protein Isolates. Di dalam S.J. CIRCLE and A.K. SMITH (ed.). Soybeans : Chemistry and Technology, 1. The AVI Publishing Coy., Connecticut.
5. HUGE, W.E., 1961. Present and Potential Uses of Soybeans Flour, Grits and Protein Concentrates in Foods. Proceeding of Conference Soybean Products for Protein in Human Foods, USDA, Illinois.
6. KHEE, C.R., CATER, H.M. and K.F. MATTIL, 1972. Simultaneous Recovery of Protein and Oil From Raw Peanuts in an Aqueous System. Food Science, 37 (1): 90 - 93.
7. SMITH, A.K., 1958. Vegetable Protein Isolates. Di dalam A.M. ALTSCHUL (ed.). Processed Plant Protein Foodstuffs. Academic Press, Inc., Publishers, New-York.

8. SOEDARMO, P., 1959. Vegetable Protein as Cows Milk Substitute. Proceedings of the 15th Japan Medical Congress, Tokyo, 1.
9. SOMAATMADJA, D., 1964. Kemungkinan Kedelai Sebagai Bahan Industri di Indonesia. Rapat Kerja Kedelai, Bogor.
10. TAN, B.H., 1958. Technology of Soy Milk and Some Derivatives. Ph.D. Thesis. Agricultural University of Wageningen.
11. WU, L.C. and BATES, R.F., 1972. Soy Protein - Lipid Films Studies on the Film Formation phenomenon. Food Science, 37 : 36 - 39.
12. WOLF, W.J., 1970. Soybean Proteins : Their Functional, Chemical and Physical Properties. Agricultural and Food Chemistry, 18 (6) : 969 - 967.
13. WOLF, W.J. and COWAN, J.C., 1971. Soybeans as a Food Source. CRC. Press, Ohio.
14. WOLF, W.J., 1972a. What is Soy Protein ?. Food Technology, 26 (5) : 44 - 54.
15. ———, 1972b. Purification and Practices of the Proteins. Di dalam S.J. CIRCLE and A.K.SMITH (ed.). Soybeans : Chemistry and Technology, 1. The AVI Publishing Coy, Inc., Connecticut.



Hik Cipta (Hindarung) Unsur-unsur:

1. Diambil sebagai sebuah atau beberapa karya seni yang dimanfaatkan dan dipodestikan untuk:
 - a. Kegiatan sebagai bentuk kesenian sendiri dan, sebaliknya, penerapan karya ilmiah, penelitian ilmiah, penemuan ilmiah, penemuan teknik atau teknologi untuk masalah.
 - b. Kegiatan tidak sebagai bentuk kesenian yang wajar IPB University.
2. Dianggap menggunakan dan menipertahankan sebagai atau sebuah karya seni yang di dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

L A M P I R A N

Lampiran 1. Nilai rata-rata dari kadar air, abu, lemak, protein dan rendemen protein dari "protein isolates"

| Perlakuan | Kadar air (%) | Kadar abu (% d.b.) | Kadar lemak (% d.b.) | Kadar protein (% d.b.) | Rendemen protein (%) |
|---|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| A ₁ B ₁ C ₁ D ₁ | 5,97 | 0,80 | 13,93 | 83,05 | 48,90 |
| A ₁ B ₁ C ₁ D ₂ | 6,75 | 0,75 | 13,10 | 83,91 | 53,47 |
| A ₁ B ₁ C ₁ D ₃ | 7,40 | 0,70 | 12,91 | 84,07 | 52,06 |
| A ₁ B ₁ C ₂ D ₁ | 8,80 | 0,60 | 13,85 | 83,19 | 49,73 |
| A ₁ B ₁ C ₂ D ₂ | 7,15 | 0,65 | 13,65 | 83,52 | 52,48 |
| A ₁ B ₁ C ₂ D ₃ | 9,25 | 0,61 | 13,11 | 83,90 | 52,61 |
| A ₁ B ₁ C ₃ D ₁ | 8,10 | 0,60 | 13,71 | 83,69 | 50,55 |
| A ₁ B ₁ C ₃ D ₂ | 8,00 | 0,60 | 13,48 | 82,61 | 51,10 |
| A ₁ B ₁ C ₃ D ₃ | 7,70 | 0,60 | 13,21 | 84,02 | 52,20 |
| A ₁ B ₁ C ₄ D ₁ | 6,85 | 0,54 | 13,49 | 83,94 | 50,28 |
| A ₁ B ₁ C ₄ D ₂ | 6,75 | 0,64 | 12,92 | 84,41 | 52,48 |
| A ₁ B ₁ C ₄ D ₃ | 6,85 | 0,65 | 14,12 | 83,27 | 52,20 |
| A ₁ B ₂ C ₁ D ₁ | 8,25 | 0,66 | 11,94 | 85,23 | 50,28 |
| A ₁ B ₂ C ₁ D ₂ | 8,30 | 0,66 | 12,05 | 84,93 | 52,61 |
| A ₁ B ₂ C ₁ D ₃ | 8,45 | 0,66 | 12,97 | 84,22 | 51,23 |
| A ₁ B ₂ C ₂ D ₁ | 9,00 | 0,55 | 12,20 | 85,04 | 49,73 |
| A ₁ B ₂ C ₂ D ₂ | 6,80 | 0,64 | 11,95 | 85,35 | 52,34 |
| A ₁ B ₂ C ₂ D ₃ | 8,45 | 0,61 | 12,37 | 84,84 | 52,34 |
| A ₁ B ₂ C ₃ D ₁ | 8,25 | 0,60 | 12,46 | 84,73 | 53,03 |
| A ₁ B ₂ C ₃ D ₂ | 7,10 | 0,65 | 11,86 | 85,15 | 53,85 |
| A ₁ B ₂ C ₃ D ₃ | 7,70 | 0,65 | 12,68 | 84,38 | 53,71 |
| A ₁ B ₂ C ₄ D ₁ | 8,50 | 0,66 | 12,15 | 84,88 | 52,06 |
| A ₁ B ₂ C ₄ D ₂ | 8,00 | 0,71 | 12,10 | 84,93 | 53,58 |
| A ₁ B ₂ C ₄ D ₃ | 8,20 | 0,60 | 12,50 | 84,64 | 53,57 |
| A ₁ B ₃ C ₁ D ₁ | 8,20 | 0,82 | 11,30 | 85,69 | 54,54 |
| A ₁ B ₃ C ₁ D ₂ | 7,35 | 0,71 | 10,79 | 86,28 | 55,77 |
| A ₁ B ₃ C ₁ D ₃ | 6,80 | 0,81 | 11,03 | 85,93 | 55,08 |

| Perlakuan | Kadar air (%) | Kadar abu (% d.b.) | Kadar lemak (% d.b.) | Kadar protein (% d.b.) | Rendemen protein (%) |
|---|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| A ₁ B ₃ C ₂ D ₁ | 8,67 | 0,77 | 11,58 | 85,63 | 54,81 |
| A ₁ B ₃ C ₂ D ₂ | 7,85 | 0,76 | 10,20 | 86,85 | 55,77 |
| A ₁ B ₃ C ₂ D ₃ | 8,67 | 0,77 | 10,47 | 86,46 | 55,09 |
| A ₁ B ₃ C ₃ D ₁ | 8,10 | 0,71 | 9,20 | 87,88 | 54,54 |
| A ₁ B ₃ C ₃ D ₂ | 6,82 | 0,65 | 8,32 | 88,20 | 55,50 |
| A ₁ B ₃ C ₃ D ₃ | 8,35 | 0,72 | 9,22 | 87,98 | 55,04 |
| A ₁ B ₃ C ₄ D ₁ | 7,60 | 0,71 | 9,59 | 87,53 | 54,95 |
| A ₁ B ₃ C ₄ D ₂ | 7,07 | 0,76 | 8,98 | 88,03 | 55,91 |
| A ₁ B ₃ C ₄ D ₃ | 7,55 | 0,76 | 8,98 | 88,14 | 55,77 |
| A ₂ B ₁ C ₁ D ₁ | 7,87 | 0,77 | 9,50 | 87,54 | 50,69 |
| A ₂ B ₁ C ₁ D ₂ | 8,40 | 0,71 | 8,94 | 88,33 | 51,37 |
| A ₂ B ₁ C ₁ D ₃ | 8,87 | 0,72 | 9,11 | 87,91 | 51,65 |
| A ₂ B ₁ C ₂ D ₁ | 7,65 | 0,70 | 8,99 | 88,22 | 51,10 |
| A ₂ B ₁ C ₂ D ₂ | 8,27 | 0,60 | 9,00 | 88,22 | 51,10 |
| A ₂ B ₁ C ₂ D ₃ | 7,00 | 0,81 | 9,46 | 88,43 | 51,10 |
| A ₂ B ₁ C ₃ D ₁ | 7,35 | 0,65 | 7,83 | 89,25 | 51,92 |
| A ₂ B ₁ C ₃ D ₂ | 7,27 | 0,65 | 7,66 | 89,17 | 51,92 |
| A ₂ B ₁ C ₃ D ₃ | 8,45 | 0,65 | 8,90 | 88,22 | 51,92 |
| A ₂ B ₁ C ₄ D ₁ | 7,32 | 0,71 | 8,65 | 88,22 | 51,37 |
| A ₂ B ₁ C ₄ D ₂ | 8,40 | 0,77 | 7,10 | 90,42 | 52,89 |
| A ₂ B ₁ C ₄ D ₃ | 10,17 | 0,56 | 6,66 | 90,69 | 53,25 |
| A ₂ B ₂ C ₁ D ₁ | 6,85 | 0,59 | 6,49 | 90,83 | 54,81 |
| A ₂ B ₂ C ₁ D ₂ | 8,00 | 0,65 | 5,99 | 91,22 | 56,04 |
| A ₂ B ₂ C ₁ D ₃ | 6,77 | 0,60 | 6,33 | 91,35 | 57,01 |
| A ₂ B ₂ C ₂ D ₁ | 8,33 | 0,49 | 4,69 | 93,15 | 55,77 |
| A ₂ B ₂ C ₂ D ₂ | 8,65 | 0,59 | 4,49 | 93,02 | 56,32 |
| A ₂ B ₂ C ₂ D ₃ | 8,37 | 0,54 | 4,80 | 92,75 | 56,87 |
| A ₂ B ₂ C ₃ D ₁ | 7,92 | 0,65 | 4,35 | 92,69 | 56,60 |
| A ₂ B ₂ C ₃ D ₂ | 8,22 | 0,60 | 4,36 | 93,00 | 57,69 |
| A ₂ B ₂ C ₃ D ₃ | 8,25 | 0,55 | 5,16 | 92,06 | 57,14 |

| Perlakuan | Kadar air (%) | Kadar abu (% d.b.) | Kadar lemak (% d.b.) | Kadar protein (% d.b.) | Rendemen protein (%) |
|---|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| A ₂ B ₂ C ₄ D ₁ | 9,40 | 0,56 | 4,58 | 92,87 | 56,32 |
| A ₂ B ₂ C ₄ D ₂ | 9,06 | 0,56 | 4,65 | 92,83 | 57,14 |
| A ₂ B ₂ C ₄ D ₃ | 9,10 | 0,66 | 4,65 | 92,55 | 56,60 |
| A ₂ B ₃ C ₁ D ₁ | 14,40 | 0,76 | 5,86 | 91,37 | 56,05 |
| A ₂ B ₃ C ₁ D ₂ | 8,52 | 0,88 | 5,42 | 91,50 | 56,87 |
| A ₂ B ₃ C ₁ D ₃ | 10,42 | 0,78 | 6,30 | 90,80 | 55,91 |
| A ₂ B ₃ C ₂ D ₁ | 9,92 | 0,55 | 6,05 | 91,29 | 55,63 |
| A ₂ B ₃ C ₂ D ₂ | 9,30 | 0,61 | 5,49 | 91,80 | 57,28 |
| A ₂ B ₃ C ₂ D ₃ | 10,00 | 0,61 | 5,53 | 91,69 | 56,46 |
| A ₂ B ₃ C ₃ D ₁ | 7,52 | 0,65 | 6,49 | 90,60 | 55,50 |
| A ₂ B ₃ C ₃ D ₂ | 7,47 | 0,65 | 6,34 | 90,76 | 56,73 |
| A ₂ B ₃ C ₃ D ₃ | 8,95 | 0,66 | 6,69 | 90,46 | 56,05 |
| A ₂ B ₃ C ₄ D ₁ | 10,27 | 0,63 | 6,50 | 90,92 | 55,09 |
| A ₂ B ₃ C ₄ D ₂ | 9,90 | 0,61 | 6,87 | 90,78 | 55,50 |
| A ₂ B ₃ C ₄ D ₃ | 13,25 | 0,52 | 6,48 | 90,99 | 54,81 |
| A ₃ B ₁ C ₁ D ₁ | 8,30 | 0,60 | 7,62 | 87,47 | 53,99 |
| A ₃ B ₁ C ₁ D ₂ | 8,30 | 0,66 | 7,58 | 89,72 | 54,54 |
| A ₃ B ₁ C ₁ D ₃ | 7,85 | 0,60 | 7,76 | 89,14 | 54,26 |
| A ₃ B ₁ C ₂ D ₁ | 7,40 | 0,65 | 6,91 | 89,98 | 54,40 |
| A ₃ B ₁ C ₂ D ₂ | 7,82 | 0,60 | 6,18 | 91,09 | 55,22 |
| A ₃ B ₁ C ₂ D ₃ | 8,25 | 0,55 | 7,03 | 90,12 | 56,83 |
| A ₃ B ₁ C ₃ D ₁ | 7,47 | 0,60 | 6,81 | 90,06 | 54,13 |
| A ₃ B ₁ C ₃ D ₂ | 7,65 | 0,60 | 6,01 | 90,86 | 55,09 |
| A ₃ B ₁ C ₃ D ₃ | 8,35 | 0,60 | 6,91 | 90,01 | 55,08 |
| A ₃ B ₁ C ₄ D ₁ | 8,85 | 0,60 | 5,76 | 91,41 | 53,85 |
| A ₃ B ₁ C ₄ D ₂ | 7,85 | 0,60 | 5,86 | 91,12 | 55,36 |
| A ₃ B ₁ C ₄ D ₃ | 8,27 | 0,54 | 6,67 | 90,68 | 54,95 |
| A ₃ B ₂ C ₁ D ₁ | 7,85 | 0,55 | 6,68 | 91,12 | 57,83 |
| A ₃ B ₂ C ₁ D ₂ | 9,50 | 0,61 | 5,81 | 91,31 | 58,62 |
| A ₃ B ₂ C ₁ D ₃ | 8,37 | 0,60 | 6,06 | 90,93 | 58,38 |

| Perlakuan | Kadar air (%) | Kadar abu (% d.b.) | Kadar lemak (% d.b.) | Kadar protein (% d.b.) | Rendemen protein (%) |
|---|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| A ₃ B ₂ C ₂ D ₁ | 8,50 | 0,55 | 5,44 | 92,02 | 58,11 |
| A ₃ B ₂ C ₂ D ₂ | 8,17 | 0,55 | 4,63 | 92,83 | 59,07 |
| A ₃ B ₂ C ₂ D ₃ | 8,35 | 0,54 | 5,02 | 92,31 | 58,80 |
| A ₃ B ₂ C ₃ D ₁ | 7,65 | 0,55 | 5,31 | 91,62 | 57,97 |
| A ₃ B ₂ C ₃ D ₂ | 7,50 | 0,54 | 4,76 | 92,85 | 59,07 |
| A ₃ B ₂ C ₃ D ₃ | 8,25 | 0,60 | 5,29 | 92,11 | 58,11 |
| A ₃ B ₂ C ₄ D ₁ | 7,90 | 0,54 | 5,32 | 91,75 | 57,83 |
| A ₃ B ₂ C ₄ D ₂ | 7,65 | 0,54 | 5,31 | 91,50 | 58,38 |
| A ₃ B ₂ C ₄ D ₃ | 7,37 | 0,54 | 5,77 | 91,23 | 58,11 |
| A ₃ B ₃ C ₁ D ₁ | 9,72 | 0,61 | 5,87 | 91,18 | 56,18 |
| A ₃ B ₃ C ₁ D ₂ | 8,35 | 0,60 | 6,33 | 90,60 | 56,46 |
| A ₃ B ₃ C ₁ D ₃ | 7,00 | 0,59 | 6,29 | 90,87 | 56,05 |
| A ₃ B ₃ C ₂ D ₁ | 8,27 | 0,55 | 5,89 | 91,34 | 56,32 |
| A ₃ B ₃ C ₂ D ₂ | 9,75 | 0,61 | 5,54 | 91,02 | 57,70 |
| A ₃ B ₃ C ₂ D ₃ | 8,55 | 0,61 | 6,07 | 91,12 | 57,51 |
| A ₃ B ₃ C ₃ D ₁ | 8,45 | 0,55 | 6,34 | 90,71 | 56,32 |
| A ₃ B ₃ C ₃ D ₂ | 8,95 | 0,61 | 6,10 | 91,21 | 57,28 |
| A ₃ B ₃ C ₃ D ₃ | 7,25 | 0,60 | 6,56 | 90,60 | 57,83 |
| A ₃ B ₃ C ₄ D ₁ | 7,60 | 0,54 | 6,62 | 90,61 | 57,56 |
| A ₃ B ₃ C ₄ D ₂ | 7,35 | 0,54 | 6,89 | 90,23 | 57,69 |
| A ₃ B ₃ C ₄ D ₃ | 8,00 | 0,55 | 6,52 | 91,05 | 57,83 |
| A ₄ B ₁ C ₁ D ₁ | 10,27 | 0,56 | 7,61 | 89,62 | 53,38 |
| A ₄ B ₁ C ₁ D ₂ | 7,22 | 0,60 | 7,11 | 90,04 | 54,40 |
| A ₄ B ₁ C ₁ D ₃ | 8,05 | 0,71 | 7,01 | 90,11 | 54,81 |
| A ₄ B ₁ C ₂ D ₁ | 7,67 | 0,65 | 6,39 | 90,73 | 53,85 |
| A ₄ B ₁ C ₂ D ₂ | 7,90 | 0,55 | 5,77 | 91,37 | 55,22 |
| A ₄ B ₁ C ₂ D ₃ | 8,05 | 0,77 | 5,65 | 91,46 | 54,81 |
| A ₄ B ₁ C ₃ D ₁ | 7,55 | 0,60 | 6,09 | 91,18 | 54,81 |
| A ₄ B ₁ C ₃ D ₂ | 8,05 | 0,55 | 6,20 | 90,92 | 56,05 |
| A ₄ B ₁ C ₃ D ₃ | 7,25 | 0,60 | 6,57 | 90,74 | 55,30 |

| Perlakuan | Kadar air (%) | Kadar abu (% d.b.) | Kadar lemak (% d.b.) | Kadar protein (% d.b.) | Rendemen protein (%) |
|---|---------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| A ₄ B ₁ C ₄ D ₁ | 7,90 | 0,55 | 6,03 | 91,28 | 55,27 |
| A ₄ B ₁ C ₄ D ₂ | 8,10 | 0,65 | 5,76 | 91,52 | 56,87 |
| A ₄ B ₁ C ₄ D ₃ | 7,75 | 0,65 | 5,96 | 91,19 | 55,05 |
| A ₄ B ₂ C ₁ D ₁ | 9,72 | 0,55 | 6,27 | 90,97 | 56,87 |
| A ₄ B ₂ C ₁ D ₂ | 9,05 | 0,61 | 5,90 | 91,37 | 57,83 |
| A ₄ B ₂ C ₁ D ₃ | 8,25 | 0,71 | 5,83 | 91,10 | 57,15 |
| A ₄ B ₂ C ₂ D ₁ | 8,40 | 0,60 | 5,19 | 91,91 | 57,01 |
| A ₄ B ₂ C ₂ D ₂ | 8,85 | 0,50 | 5,71 | 90,45 | 58,11 |
| A ₄ B ₂ C ₂ D ₃ | 9,05 | 0,61 | 5,60 | 91,63 | 52,52 |
| A ₄ B ₂ C ₃ D ₁ | 8,45 | 0,55 | 5,49 | 91,96 | 57,97 |
| A ₄ B ₂ C ₃ D ₂ | 8,39 | 0,49 | 5,10 | 92,20 | 59,07 |
| A ₄ B ₂ C ₃ D ₃ | 7,95 | 0,55 | 5,58 | 91,66 | 57,83 |
| A ₄ B ₂ C ₄ D ₁ | 9,57 | 0,45 | 5,58 | 91,66 | 57,83 |
| A ₄ B ₂ C ₄ D ₂ | 9,00 | 0,49 | 5,56 | 91,78 | 58,78 |
| A ₄ B ₂ C ₄ D ₃ | 7,45 | 0,54 | 6,21 | 90,89 | 57,56 |
| A ₄ B ₃ C ₁ D ₁ | 10,30 | 0,55 | 6,13 | 91,29 | 56,73 |
| A ₄ B ₃ C ₁ D ₂ | 8,60 | 0,55 | 5,69 | 91,59 | 58,38 |
| A ₄ B ₃ C ₁ D ₃ | 9,40 | 0,45 | 5,90 | 91,53 | 57,83 |
| A ₄ B ₃ C ₂ D ₁ | 8,90 | 0,55 | 5,66 | 91,53 | 56,87 |
| A ₄ B ₃ C ₂ D ₂ | 8,75 | 0,50 | 5,81 | 91,46 | 57,28 |
| A ₄ B ₃ C ₂ D ₃ | 8,80 | 0,50 | 6,09 | 91,32 | 57,01 |
| A ₄ B ₃ C ₃ D ₁ | 7,72 | 0,49 | 5,91 | 91,92 | 56,73 |
| A ₄ B ₃ C ₃ D ₂ | 8,40 | 0,55 | 6,56 | 90,81 | 57,97 |
| A ₄ B ₃ C ₃ D ₃ | 9,20 | 0,50 | 6,89 | 90,35 | 57,42 |
| A ₄ B ₃ C ₄ D ₁ | 8,70 | 0,49 | 6,21 | 90,06 | 56,59 |
| A ₄ B ₃ C ₄ D ₂ | 8,80 | 0,55 | 6,19 | 91,03 | 57,84 |
| A ₄ B ₃ C ₄ D ₃ | 9,07 | 0,55 | 6,56 | 90,18 | 56,87 |

Lampiran 2. 1a. Daftar Sidik Ragam Kadar Lemak

| Sumber ke- ragaman | Dera- jat Bebas | Jumlah Kwadrat | Kwadrat Tengah | F hitung | F-tabel | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 143 | 2255,7046 | 15,7742 | 84,90 ⁺⁺ | 1,18 | 1,27 |
| A | 3 | 1780,7437 | 593,5912 | 3194,79 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| B | 2 | 197,6898 | 98,8449 | 532,00 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| C | 3 | 20,7529 | 6,9176 | 37,23 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| D | 2 | 7,9496 | 3,5203 | 18,95 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| AB | 6 | 157,2039 | 26,2006 | 141,02 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| AC | 9 | 8,0859 | 0,8984 | 4,84 ⁺⁺ | 2,00 | 2,63 |
| AD | 6 | 1,5627 | 0,2604 | 1,40 | 2,16 | 2,92 |
| BC | 6 | 14,1632 | 2,3605 | 12,70 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| BD | 4 | 0,9465 | 0,2366 | 1,27 | 2,43 | 3,45 |
| CD | 6 | 2,1636 | 0,3606 | 1,94 | 2,16 | 2,92 |
| ABC | 18 | 45,0044 | 2,5002 | 13,46 ⁺⁺ | 1,71 | 2,12 |
| ABD | 12 | 3,3116 | 0,2760 | 1,49 | 1,82 | 2,31 |
| BCD | 12 | 1,8615 | 0,1551 | 0,83 | 1,82 | 2,31 |
| ACD | 18 | 6,6058 | 0,3670 | 1,98 ⁺ | 1,82 | 2,31 |
| ABCD | 36 | 8,5385 | 0,2372 | 1,28 | 1,59 | 1,92 |
| Acak | 144 | 26,7509 | 0,1858 | ($\sigma = 0,4310$) | | |

K.K. = 2,72 persen

+ = berbeda nyata
 ++ = berbeda sangat nyata

1b. Uji HSD kadar lemak

| | Rata2 | Beda | | Rata2 | Beda | |
|----------------|-------|---------------------|--------------------|----------------|-------|-------------------------|
| B ₁ | 17,01 | - | | D ₁ | 15,93 | - |
| B ₂ | 15,14 | -1,87 ⁺⁺ | - | D ₂ | 15,62 | -0,31 ⁺⁺ - |
| B ₃ | 15,38 | -1,63 ⁺⁺ | 0,24 ⁺⁻ | D ₃ | 15,97 | 0,04 0,35 ⁺⁻ |

$$SE = \frac{0,4310}{\sqrt{96}} = 0,0440$$

$$HSD : 5\% = 0,15$$

$$1\% = 0,18$$

Lampiran 3. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor A, B dan C terhadap kadar lemak "protein isolates"

| Perlakuan | Rata-rata | | Perlakuan | Rata-rata | |
|--|-----------|--------|--|-----------|--------|
| | arcsin Vx | persen | | arcsin Vx | persen |
| A ₂ B ₂ C ₄ | 12,39 | 4,60 | A ₂ B ₃ C ₄ | 14,69 | 6,44 |
| A ₂ B ₂ C ₃ | 12,40 | 4,60 | A ₄ B ₃ C ₃ | 14,70 | 6,45 |
| A ₂ B ₂ C ₂ | 12,44 | 4,64 | A ₂ B ₃ C ₃ | 14,77 | 6,50 |
| A ₃ B ₂ C ₂ | 12,93 | 5,01 | A ₃ B ₁ C ₃ | 14,84 | 6,66 |
| A ₃ B ₂ C ₃ | 13,04 | 5,10 | A ₃ B ₁ C ₂ | 14,97 | 6,68 |
| A ₄ B ₂ C ₃ | 13,39 | 5,36 | A ₃ B ₃ C ₄ | 14,98 | 6,69 |
| A ₃ B ₂ C ₄ | 13,49 | 5,44 | A ₄ B ₁ C ₁ | 15,59 | 7,22 |
| A ₄ B ₂ C ₂ | 13,56 | 5,50 | A ₂ B ₁ C ₄ | 15,83 | 7,44 |
| A ₂ B ₃ C ₂ | 13,81 | 5,70 | A ₃ B ₁ C ₁ | 16,05 | 7,65 |
| A ₄ B ₂ C ₄ | 13,60 | 5,77 | A ₂ B ₁ C ₃ | 16,56 | 8,12 |
| A ₃ B ₃ C ₂ | 13,93 | 5,80 | A ₁ B ₃ C ₃ | 17,52 | 9,06 |
| A ₄ B ₃ C ₂ | 14,00 | 5,85 | A ₂ B ₁ C ₂ | 17,61 | 9,15 |
| A ₂ B ₃ C ₁ | 14,01 | 5,86 | A ₂ B ₁ C ₁ | 17,64 | 9,18 |
| A ₄ B ₃ C ₁ | 14,05 | 5,90 | A ₁ B ₃ C ₄ | 17,65 | 9,19 |
| A ₄ B ₁ C ₄ | 14,06 | 5,91 | A ₁ B ₃ C ₂ | 19,13 | 10,74 |
| A ₄ B ₁ C ₂ | 14,09 | 5,93 | A ₁ B ₃ C ₁ | 19,40 | 11,04 |
| A ₄ B ₂ C ₁ | 14,15 | 5,98 | A ₁ B ₂ C ₁ | 20,38 | 12,12 |
| A ₃ B ₂ C ₁ | 14,16 | 5,99 | A ₁ B ₂ C ₂ | 20,41 | 12,15 |
| A ₃ B ₁ C ₄ | 14,27 | 6,08 | A ₁ B ₂ C ₄ | 20,48 | 12,24 |
| A ₃ B ₃ C ₁ | 14,33 | 6,12 | A ₁ B ₃ C ₂ | 20,58 | 12,35 |
| A ₂ B ₂ C ₁ | 14,51 | 6,28 | A ₁ B ₁ C ₁ | 21,40 | 13,30 |
| A ₄ B ₁ C ₃ | 14,51 | 6,28 | A ₁ B ₁ C ₃ | 21,54 | 13,48 |
| A ₄ B ₃ C ₄ | 14,57 | 6,32 | A ₁ B ₁ C ₄ | 21,56 | 13,50 |
| A ₃ B ₃ C ₃ | 14,58 | 6,33 | A ₁ B ₁ C ₂ | 21,58 | 13,52 |

S.E. = 0,1760

HSD : 5% = 0,88

1% = 0,99

Lampiran 4. 1a. Daftar Sidik Ragam Kadar Abu dari "Protein Isolates"

| Sumber ke- ragaman | Dera- jat Bebas | Jumlah Kwadrat | Kwadrat Tengah | F hitung | F-tabel | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 143 | 27,4820 | 0,1922 | 1,18 ⁺ | 1,18 | 1,27 |
| A | 3 | 9,0276 | 3,0092 | 18,46 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| B | 2 | 2,1525 | 1,0762 | 6,60 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| C | 3 | 2,3121 | 0,7707 | 4,73 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| D | 2 | 0,0707 | 0,0354 | 0,22 | 3,06 | 4,75 |
| AB | 6 | 3,9996 | 0,6666 | 4,09 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| AC | 9 | 0,9973 | 0,1108 | 0,68 | 2,16 | 2,92 |
| AD | 6 | 1,6721 | 0,2787 | 1,71 | 2,00 | 2,63 |
| BC | 6 | 0,4403 | 0,0734 | 0,45 | 2,16 | 2,92 |
| BD | 4 | 0,2526 | 0,0623 | 0,39 | 2,43 | 3,45 |
| CD | 6 | 0,5231 | 0,0872 | 0,53 | 2,16 | 2,92 |
| ABC | 18 | 2,2159 | 0,1231 | 0,76 | 1,71 | 2,12 |
| ABD | 12 | 0,0007 | 0,0001 | 0,00 | 1,82 | 2,31 |
| BCD | 12 | 1,5112 | 0,1259 | 0,77 | 1,82 | 2,31 |
| ACD | 18 | 0,2096 | 0,0116 | 0,07 | 1,71 | 2,12 |
| ABCD | 36 | 2,0967 | 0,0582 | 0,36 | 1,59 | 1,92 |
| Acak | 144 | 23,4471 | 0,1630 | ($\sigma = 0,4073$) | | |

K.K. = 9,01%

+ = berbeda nyata
++ = berbeda sangat nyata

1b. Uji HSD kadar abu.

| | Rata2 | Beda | | Rata2 | Beda | | | |
|----------------|-------|---------------------|---------------------|----------------|------|---------------------|-------------------|---|
| A ₁ | 4,69 | - | | B ₁ | 4,56 | - | | |
| A ₂ | 4,61 | -0,08 | - | B ₂ | 4,36 | -0,20 ⁺⁺ | - | |
| A ₃ | 4,35 | -0,34 ⁺⁺ | -0,26 ⁺⁺ | B ₃ | 4,52 | -0,04 | 0,16 ⁺ | - |
| A ₄ | 4,26 | -0,43 ⁺⁺ | -0,35 ⁺⁺ | | | -0,09 | - | |

$$SE = \frac{0,4037}{\sqrt{72}} = 0,0480$$

$$\begin{aligned} \text{HSD} : 5\% &= 0,17 \\ 1\% &= 0,21 \end{aligned}$$

$$SE = \frac{0,4037}{\sqrt{96}} = 0,0410$$

$$\begin{aligned} \text{HSD} : 5\% &= 0,14 \\ 1\% &= 0,17 \end{aligned}$$

Lampiran 5. 1a. Daftar Sidik Ragam Kadar Protein.

| Sumber ke- ragaman | Dera- jat Bebas | Jumlah Kwadrat | Kwadrat Tengah | F hitung | F-tabel | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 143 | 1843,6244 | 12,8925 | 65,65 ⁺⁺ | 1,18 | 1,27 |
| A | 3 | 1444,7423 | 481,5808 | 2459,55 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| B | 2 | 169,2223 | 84,6112 | 432,13 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| C | 3 | 20,9549 | 6,9849 | 35,67 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| D | 2 | 5,3673 | 2,6836 | 13,71 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| AB | 6 | 125,4908 | 20,9151 | 106,82 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| AC | 9 | 6,8086 | 0,7565 | 3,86 ⁺⁺ | 2,00 | 2,63 |
| AD | 6 | 1,0397 | 0,1733 | 0,89 | 2,16 | 2,92 |
| BC | 6 | 13,9432 | 2,3240 | 11,87 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| BD | 4 | 1,0516 | 0,2629 | 1,34 | 2,43 | 3,45 |
| CD | 6 | 1,0627 | 0,1771 | 0,90 | 2,16 | 2,92 |
| ABC | 18 | 34,2708 | 1,9039 | 9,72 ⁺⁺ | 1,71 | 2,12 |
| ABD | 12 | 2,4217 | 0,2018 | 1,03 | 1,82 | 2,31 |
| BCD | 12 | 2,9968 | 0,2497 | 1,28 | 1,82 | 2,31 |
| ACD | 26 | 6,6427 | 0,3690 | 1,88 ⁺ | 1,71 | 2,12 |
| ABCD | 36 | 7,6090 | 0,2114 | 1,08 | 1,59 | 1,92 |
| Acak | 144 | 28,1910 | 0,1958 | ($\sigma = 0,4425$) | | |

K.K. = 0,62%

Lampiran 6. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan C terhadap kadar protein dari "protein isolates"

| Perlakuan | Rata-rata | | Perlakuan | Rata-rata | |
|--|-----------|--------|--|-----------|--------|
| | arcsin Vx | persen | | arcsin Vx | persen |
| A ₁ B ₁ C ₂ | 66,06 | 83,54 | A ₂ B ₃ C ₄ | 72,43 | 90,89 |
| A ₁ B ₁ C ₃ | 66,06 | 83,54 | A ₄ B ₃ C ₁ | 72,44 | 90,90 |
| A ₁ B ₁ C ₁ | 66,18 | 83,69 | A ₃ B ₃ C ₁ | 72,44 | 90,90 |
| A ₁ B ₁ C ₄ | 66,33 | 83,89 | A ₄ B ₁ C ₃ | 72,51 | 90,97 |
| A ₁ B ₂ C ₃ | 67,00 | 84,74 | A ₄ B ₃ C ₄ | 72,55 | 91,01 |
| A ₁ B ₂ C ₁ | 67,04 | 84,79 | A ₃ B ₁ C ₄ | 72,63 | 91,09 |
| A ₁ B ₂ C ₄ | 67,04 | 84,79 | A ₂ B ₂ C ₁ | 72,68 | 91,14 |
| A ₁ B ₂ C ₂ | 67,26 | 85,06 | A ₃ B ₂ C ₁ | 72,70 | 91,16 |
| A ₁ B ₃ C ₁ | 67,99 | 85,96 | A ₄ B ₂ C ₁ | 72,71 | 91,17 |
| A ₁ B ₃ C ₂ | 68,29 | 86,31 | A ₄ B ₁ C ₂ | 72,73 | 91,19 |
| A ₂ B ₁ C ₁ | 69,66 | 87,92 | A ₃ B ₂ C ₁ | 72,76 | 91,22 |
| A ₁ B ₃ C ₄ | 69,66 | 87,92 | A ₄ B ₁ C ₄ | 72,89 | 91,34 |
| A ₂ B ₁ C ₂ | 69,68 | 87,94 | A ₄ B ₃ C ₂ | 72,98 | 91,43 |
| A ₁ B ₃ C ₃ | 69,75 | 88,02 | A ₄ B ₂ C ₄ | 73,00 | 91,45 |
| A ₂ B ₁ C ₃ | 70,52 | 88,88 | A ₃ B ₂ C ₄ | 73,05 | 91,50 |
| A ₃ B ₁ C ₁ | 71,05 | 89,45 | A ₃ B ₃ C ₂ | 73,06 | 91,51 |
| A ₄ B ₁ C ₁ | 71,35 | 89,78 | A ₂ B ₃ C ₂ | 73,16 | 91,61 |
| A ₂ B ₁ C ₄ | 71,42 | 89,85 | A ₄ B ₂ C ₂ | 73,22 | 91,66 |
| A ₃ B ₁ C ₃ | 71,89 | 90,34 | A ₄ B ₂ C ₃ | 73,53 | 91,96 |
| A ₃ B ₁ C ₂ | 71,94 | 90,39 | A ₃ B ₂ C ₃ | 73,83 | 92,25 |
| A ₂ B ₃ C ₃ | 72,15 | 90,60 | A ₃ B ₂ C ₂ | 74,01 | 92,41 |
| A ₃ B ₃ C ₄ | 72,18 | 90,63 | A ₂ B ₂ C ₃ | 74,23 | 92,62 |
| A ₄ B ₃ C ₃ | 72,35 | 90,81 | A ₂ B ₂ C ₄ | 74,41 | 92,78 |
| A ₃ B ₃ C ₃ | 72,41 | 90,87 | A ₂ B ₃ C ₂ | 74,65 | 92,99 |

SE = 0,3130

HSD 5% = 1,57

1% = 1,77

Lampiran 7. Daftar Sidik Ragam Rendemen Protein

| Sumber ke- ragaman | Dera- jat Bebas | Jumlah Kwadrat | Kwadrat Tengah | F hitung | F-tabel | |
|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---------|------|
| | | | | | 5% | 1% |
| Perlakuan | 143 | 558,1124 | 3,9092 | 54,66 ⁺⁺ | 1,18 | 1,27 |
| A | 3 | 234,4452 | 78,1484 | 1094,52 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| B | 2 | 202,4790 | 101,2395 | 1417,92 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| C | 3 | 6,1886 | 2,0629 | 28,89 ⁺⁺ | 2,66 | 3,91 |
| D | 2 | 21,7869 | 10,8904 | 152,53 ⁺⁺ | 3,06 | 4,75 |
| AB | 6 | 60,1597 | 10,0266 | 140,43 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| AC | 9 | 2,6590 | 0,2954 | 4,14 ⁺⁺ | 2,00 | 2,63 |
| AD | 6 | 2,9403 | 0,4900 | 6,86 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| BC | 6 | 4,0014 | 0,6669 | 9,34 ⁺⁺ | 2,16 | 2,92 |
| BD | 4 | 1,4372 | 0,3593 | 5,03 ⁺⁺ | 2,43 | 3,45 |
| CD | 6 | 0,9273 | 0,1546 | 2,16 ⁺ | 2,16 | 2,92 |
| ABC | 18 | 10,9593 | 0,6089 | 8,53 ⁺⁺ | 1,71 | 2,12 |
| ABD | 12 | 2,3515 | 0,1960 | 2,75 ⁺⁺ | 1,82 | 2,31 |
| BCD | 12 | 1,4408 | 0,1200 | 1,68 | 1,82 | 2,31 |
| ACD | 18 | 2,4334 | 0,1352 | 1,89 ⁺ | 1,71 | 2,12 |
| ABCD | 36 | 3,9088 | 0,1086 | 1,52 | 1,59 | 1,92 |
| Acak | 144 | 10,2789 | 0,0714 | ($\bar{\sigma} = 0,2672$) | | |

K.K. = 0,56%

1b. Uji HSD rendemen protein

| | Rata2 | Beda | | | Rata2 | Beda | |
|----------------|-------|--------------------|--------|----------------|-------|--------------------|-----------------------|
| B ₁ | 46,86 | - | | D ₁ | 47,67 | - | |
| B ₂ | 48,62 | 1,76 ⁺⁺ | - | D ₂ | 48,32 | 0,65 ⁺⁺ | - |
| B ₃ | 48,67 | 1,81 ⁺⁺ | 0,05 - | D ₃ | 48,16 | 0,49 ⁺⁺ | -0,16 ⁺⁺ - |

SE = 0,0370

HSD 5% = 0,12

1% = 0,15

Lampiran 8. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan C terhadap rendemen protein.

| Perlakuan | Rata-rata | | Perlakuan | Rata-rata | |
|--|-----------|--------|--|-----------|--------|
| | arcsin Vx | persen | | arcsin Vx | persen |
| A ₂ B ₁ C ₂ | 45,63 | 51,10 | A ₂ B ₂ C ₁ | 48,42 | 55,95 |
| A ₁ B ₁ C ₁ | 45,66 | 51,15 | A ₂ B ₃ C ₃ | 48,49 | 56,08 |
| A ₂ B ₁ C ₁ | 45,71 | 51,23 | A ₄ B ₁ C ₄ | 48,57 | 56,22 |
| A ₁ B ₁ C ₃ | 45,74 | 51,28 | A ₃ B ₁ C ₁ | 48,57 | 56,22 |
| A ₁ B ₂ C ₁ | 45,79 | 51,38 | A ₂ B ₃ C ₁ | 48,60 | 56,27 |
| A ₁ B ₂ C ₂ | 45,84 | 51,46 | A ₂ B ₂ C ₂ | 48,65 | 56,35 |
| A ₁ B ₁ C ₂ | 45,93 | 51,62 | A ₂ B ₃ C ₂ | 48,71 | 56,46 |
| A ₁ B ₁ C ₄ | 45,95 | 51,66 | A ₂ B ₂ C ₄ | 48,89 | 56,77 |
| A ₂ B ₁ C ₃ | 46,11 | 51,93 | A ₃ B ₃ C ₂ | 49,02 | 57,00 |
| A ₂ B ₁ C ₄ | 46,26 | 52,20 | A ₄ B ₃ C ₂ | 49,05 | 57,05 |
| A ₁ B ₂ C ₄ | 46,76 | 53,07 | A ₄ B ₃ C ₄ | 49,07 | 57,09 |
| A ₁ B ₂ C ₃ | 47,02 | 53,52 | A ₂ B ₂ C ₃ | 49,09 | 57,11 |
| A ₃ B ₁ C ₁ | 47,44 | 54,25 | A ₃ B ₃ C ₃ | 49,11 | 57,15 |
| A ₄ B ₁ C ₁ | 47,45 | 54,26 | A ₄ B ₂ C ₁ | 49,19 | 57,28 |
| A ₄ B ₁ C ₂ | 47,66 | 54,63 | A ₄ B ₃ C ₃ | 49,23 | 57,35 |
| A ₃ B ₁ C ₄ | 47,71 | 54,72 | A ₄ B ₃ C ₁ | 49,39 | 57,63 |
| A ₃ B ₁ C ₃ | 47,73 | 54,76 | A ₃ B ₃ C ₄ | 49,43 | 57,70 |
| A ₁ B ₃ C ₃ | 47,90 | 55,06 | A ₄ B ₂ C ₂ | 49,52 | 57,86 |
| A ₂ B ₃ C ₄ | 47,95 | 55,14 | A ₄ B ₂ C ₄ | 49,62 | 58,03 |
| A ₁ B ₃ C ₁ | 47,95 | 55,14 | A ₃ B ₂ C ₄ | 49,65 | 58,09 |
| A ₁ B ₃ C ₂ | 48,01 | 55,25 | A ₃ B ₂ C ₁ | 49,74 | 58,23 |
| A ₄ B ₁ C ₃ | 48,12 | 55,43 | A ₃ B ₂ C ₃ | 49,82 | 58,36 |
| A ₃ B ₁ C ₂ | 48,15 | 55,49 | A ₄ B ₂ C ₃ | 49,95 | 58,60 |
| A ₁ B ₃ C ₄ | 48,18 | 55,53 | A ₃ B ₂ C ₂ | 49,98 | 58,65 |

SE = 0,1090

HSD 5% = 0,55

1% = 0,62

Lampiran 9. Perbedaan rata-rata interaksi ketiga faktor perlakuan A, B dan D terhadap rendemen protein.

| Perlakuan | Rata-rata | | Perlakuan | Rata-rata | |
|--|-----------|--------|--|-----------|--------|
| | arcsin Vx | persen | | arcsin Vx | persen |
| A ₁ B ₁ D ₁ | 44,92 | 49,86 | A ₁ B ₃ D ₂ | 48,30 | 55,75 |
| A ₁ B ₂ D ₁ | 45,72 | 51,25 | A ₂ B ₃ D ₃ | 48,34 | 55,82 |
| A ₂ B ₁ D ₁ | 45,74 | 51,28 | A ₂ B ₂ D ₁ | 48,39 | 55,90 |
| A ₂ B ₁ D ₃ | 46,00 | 51,75 | A ₂ B ₃ D ₂ | 48,78 | 56,50 |
| A ₂ B ₁ D ₂ | 46,05 | 51,83 | A ₃ B ₃ D ₁ | 48,78 | 56,50 |
| A ₁ B ₁ D ₂ | 46,23 | 52,15 | A ₄ B ₃ D ₁ | 48,85 | 56,70 |
| A ₁ B ₁ D ₃ | 46,30 | 52,27 | A ₂ B ₂ D ₂ | 48,90 | 56,79 |
| A ₁ B ₂ D ₃ | 46,56 | 52,72 | A ₂ B ₂ D ₃ | 48,97 | 56,90 |
| A ₁ B ₂ D ₂ | 46,78 | 53,10 | A ₃ B ₃ D ₃ | 49,13 | 57,19 |
| A ₃ B ₁ D ₁ | 47,34 | 54,09 | A ₄ B ₃ D ₃ | 49,18 | 57,27 |
| A ₄ B ₁ D ₁ | 47,58 | 54,50 | A ₃ B ₂ D ₂ | 49,19 | 57,29 |
| A ₁ B ₃ D ₁ | 47,71 | 54,72 | A ₄ B ₂ D ₁ | 49,26 | 57,40 |
| A ₃ B ₁ D ₂ | 47,90 | 55,05 | A ₄ B ₃ D ₂ | 49,54 | 57,90 |
| A ₁ B ₃ D ₃ | 48,02 | 55,23 | A ₃ B ₂ D ₁ | 49,56 | 57,93 |
| A ₄ B ₁ D ₃ | 48,03 | 55,29 | A ₄ B ₂ D ₃ | 49,60 | 58,00 |
| A ₃ B ₁ D ₃ | 48,04 | 55,30 | A ₃ B ₂ D ₃ | 49,80 | 58,33 |
| A ₂ B ₃ D ₁ | 48,20 | 55,56 | A ₄ B ₂ D ₂ | 49,86 | 58,44 |
| A ₄ B ₁ D ₂ | 48,24 | 55,64 | A ₃ B ₂ D ₂ | 50,03 | 58,73 |

SE = 0,0940

HSD 5% = 0,47

1% = 0,53